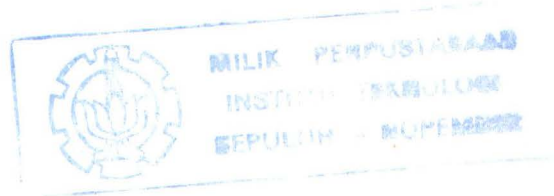


3100000011388

TUGAS AKHIR
(OE 1701)



**ESTIMASI SETTLEMENT REKLAMASI
PASCA PERBAIKAN DENGAN PRELOADING
DAN VERTICAL DRAIN**



RSke
627.5
Wil
e-1
1998

6-4-99
H
8471

Disusun Oleh :

SLAMET WIDODO
NRP : 4393100003

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1998

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI SETTLEMENT REKLAMASI PASCA PERBAIKAN DENGAN PRELOADING DAN VERTICAL DRAIN

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Studi
Program Sarjana
Pada
Program Studi TeknIk Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

W. A. Dratikto



Jr. Suntoyo

Dr. Jr. W.A. Dratikto, M. Sc
NIP. 130 816 210

Jr. Suntoyo
NIP. 132133977

SURABAYA

1998

ABSTRAK

Kebutuhan lahan untuk pembangunan yang semakin sulit dan mahal untuk dapat diperoleh di wilayah kota Surabaya mengakibatkan dilakukannya proyek reklamasi di kawasan pantai Surabaya Timur. Kedalaman lapisan tanah dasar yang berupa tanah lempung yang kompresibel mencapai 18 meter, sehingga daya dukung tanah dasar di lokasi tersebut sangat kecil. Untuk itu diperlukan usaha perbaikan tanah agar daya dukung tanah dasar mampu menerima beban bangunan yang bersangkutan. Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah mengestimasi besar dan waktu settlement reklamasi pasca perbaikan tanah sehingga diketahui waktu dimulainya pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Metode perbaikan tanah yang dipakai adalah metode preloading dan vertikal drain dengan pola pemasangan, ukuran dan jarak yang tertentu. Lokasi untuk obyek tugas akhir di Proyek Perumahan Laguna Indah yang terdiri dari 2 (dua) sektor. Estimasi settlement dilakukan pada preloading setinggi 2,3 m untuk sektor 1 dan 3,9 m untuk sektor 2. Settlement akibat beban rencana adalah sebesar 72,7 cm selama 161,10 tahun untuk sektor 1 dan 78,99 cm dalam 172,52 tahun untuk sektor 2. Dengan preloading tanpa vertikal drain waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat konsolidasinya adalah sebesar 127,14 tahun untuk sektor 1 dan 126,97 tahun untuk sektor 2. Karena waktu yang diperlukan terlalu lama maka preloading dikombinasikan dengan vertikal drain. Penentuan ukuran, jarak dan pola pemasangan vertikal drain didapat dengan cara mencoba beberapa variasinya kemudian dipilih yang optimal yaitu lebar vertikal drain 10 cm dengan jarak antar vertikal drain 1 m dan pola pemasangan segitiga untuk kemudian dianalisa terjadinya settlement pada kurun waktu 6 bulan dan ditentukan tercapainya konsolidasi 80% sehingga dapat diketahui waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi pasca perbaikan. Dari hasil estimasi settlement didapat waktu yang diperlukan adalah 117 hari untuk sektor 1 dan 98 hari untuk sektor 2.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas semua rahmad dan hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada penyusun sehingga berhasil menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bimbingan, petunjuk serta bantuan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak DR. IR. W.A. Pratikto M.Sc. dan IR. Suntoyo, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan dana untuk penulis.
2. Bapak DR. IR. Eko Budi Djatmiko M.Sc., selaku Dosen Wali dan Ketua Jurusan Teknik Kelautan, dengan bimbingan dan bantuan atas kelancaran selama kuliah di ITS.
3. Seluruh staf pengajar Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu dan membuka wawasan bagi penulis.
4. Bapak dan Ibu tercinta yang melahirkan penulis ke dunia, beserta kakak-kakak yang mengasuh, membesarkan dan mengasihi dengan segala pengurbanan yang tulus ikhlas.
5. Bapak IR. Priyo Sasongko (Construction Manager PT. Pakuwon Jati) yang telah berkenan memberikan data dan meminjamkan buku-bukunya.

6. Bapak Ir. Suhardi, Ir. Heri Suhandoko dan Sdri. Anita (Infrastructure and Landscape Department, PT. Pakuwon Jati) yang banyak membantu penulis selama di lapangan.
7. Kawan-kawan Laut'93: Ardian, Micky, Kush, Agung, Endro, Rusy, Giri, Momo, Ary, Harun dan yang lain atas kebersamaan dalam suka dan duka.
8. Rekan-rekan angkatan lain yang banyak membantu studi penulis: Badrut, Satya, IR. Kriyo Sambodo, Yuni, Wasis, IR. Gandi, Erlan, IR. Baron, Zaini dan yang lain.
9. Pihak-pihak lain yang tidak mungkin kami sebutkan satu per satu dalam kesempatan ini.

Mengingat keterbatasan dan kemampuan yang ada, penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang telah disajikan dalam tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, 1 Maret 1998

Penyusun,

Slamet Widodo
4393.100.003

DAFTAR ISI

Lembar Judul	
Lembar Pengesahan	
ABSTRAK	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
BAB I. PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Maksud dan Tujuan	I-6
1.3. Ruang Lingkup Pembahasan dan Batasan Masalah	I-7
1.4. Lokasi	I-8
BAB II. TINJAUAN DASAR TEORI	II-1
2.1. Pemampatan Konsolidasi	II-1
2.1.1. Dasar-dasar Konsolidasi	II-3
2.1.2. Lempung Yang Terkonsolidasi Normal dan Lebih	II-7
2.1.3. Perumusan	II-9
2.2. Preloading	II-13
2.2.1. Preloading Tanpa Vertikal Drain	II-13
2.2.2. Preloading Dengan Vertikal Drain	II-17
2.3. Perencanaan Vertikal Drain	II-19
2.4. Pelaksanaan Pemasangan Vertikal Drain	II-22

BAB III. KONDISI LAPANGAN DAN DATA TANAH	III-1
3.1. Umum	III-1
3.2. Data Teknik Penyelidikan Lapangan	III-4
3.2.1. Pengeboran	III-6
3.2.2. Percobaan Penetrasi	III-12
3.2.3. Pengambilan Contoh Tanah	III-15
3.3. Karakteristik Bawah Tanah	III-20
3.3.1. Penjelasan Umum Susunan Lapisan Tanah	III-20
3.3.2. Data Teknik Penyelidikan Laboratorium	III-21
3.3.2.1. Indeks Propertis	III-22
3.3.2.1.1. Moisture Content	III-22
3.3.2.1.2. Unit Weight	III-23
3.3.2.1.3. Spesific Gravity	III-24
3.3.2.1.4. Atterberg Limit	III-24
3.3.2.1.5. Grain Size Distribution	III-24
3.3.2.2. Strength Test	III-25
3.3.2.4. Permeability Test	III-31
3.3.2.5. Uji Pemadatan dan CBR untuk Material Reklamasi	III-31
3.3.2.6. Direct Shear Test	III-32
BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Metodologi Perhitungan Beban Preloading	IV-1
4.2. Ketentuan Rencana Perbaikan	IV-2
4.3. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan Rencana	IV-5

4.4. Perhitungan Preloading Tanpa Vertikal Drain	IV-9
4.5. Perhitungan Preloading Dengan Vertikal Drain	IV-9
BAB V. KESIMPULAN	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A. Perhitungan Preloading	A-1
LAMPIRAN B. Pemilihan Vertikal Drain	B-1
LAMPIRAN C. Preloading Berahap Dengan Vertikal Drain	C-1
LAMPIRAN D. Resume Hasil Uji Laboratorium	D-1



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Daya Dukung	II-5
Tabel 3.1. Diameter Auger gagang bertubang	III-8
Tabel 3.2. Hasil Test Volumetri-Gravimetri	III-23
Tabel 3.3. Berat volume tiap-tiap lapisan tanah	III-23
Tabel 3.4. Spesific Gravity tiap-tiap lapisan tanah	III-24
Tabel 3.5. Liquid limit dan Plastic Limit	III-24
Tabel 3.6 Dimensi alat vane shear	III-29
Tabel 3.7. Kuat Geser tiap-tiap lapisan tanah	III-29
Tabel 3.8. Indeks Kompresibilitas	III-30
Tabel 3.9. Indeks Kembang	III-31
Tabel 4.1. Besar pemampatan sektor 1	IV-7
Tabel 4.2. Besar pemampatan sektor 2	IV-8
Tabel 4.3. Waktu pemampatan untuk mencapai $U_{80\%}$ pada sektor 1 dan 2	IV-8
Tabel 4.4. Besar dan lama pemampatan sektor 1 dan 2	IV-9

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Analogi Piston dan pegas	II-5
Gambar 2.2. Kurva hubungan U_v dan T_v	II-12
Gambar 2.3. Preloading bertahap dan counter weight	II-13
Gambar 2.4. Panjang aliran air tanpa dan dengan vertikal drain	II-17
Gambar 2.5. Pola pemasangan vertikal drain	II-21
Gambar 2.6. Perlengkapan instalasi vertikal drain	II-23
Gambar 3.1. Peta Surabaya dan lokasi proyek	III-2
Gambar 3.2. Sektor 1 dan 2	III-3
Gambar 3.3. Lokasi titik bor	III-5
Gambar 3.4. Auger Iwan dan auger kapal	III-7
Gambar 3.5. Kegiatan pengeboran dengan auger berulir	III-8
Gambar 3.6. Potongan auger gagang berlubang dengan tutup ujung	III-9
Gambar 3.7. Pengeboran sistem cuci	III-11
Gambar 3.8. Alat percobaan penetrasi standard	III-14
Gambar 3.9. Penampang sebuah alat split spoon standard	III-16
Gambar 3.10. Alat sampler yang dibongkar	III-16
Gambar 3.11. Alat pengambil contoh tanah berdinding tipis	III-18
Gambar 3.12. Alat pengambil contoh tanah berbentuk piston	III-19
Gambar 3.13. Skema alat Triaksial Test	III-26
Gambar 3.14. Prinsip alat geser vane	III-28
Gambar 3.15. Penentuan kuat geser tanah kondisi undrained dengan alat vane shear laboratorium	III-15

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Dengan pesatnya pembangunan fisik di Indonesia, kebutuhan akan lahan baru semakin meningkat. Itu menjadi salah satu sebab mahalnya harga tanah di daerah perkotaan, sehingga pengembangan lahan tidak hanya dilakukan ke arah darat, melainkan juga ke arah pantai dengan cara melakukan reklamasi, baik reklamasi rawa maupun reklamasi pantai hingga lepas pantai.

Untuk merencanakan suatu proyek reklamasi, maka keadaan lokasi proyek harus diselidiki sebaik mungkin sebelumnya. Masalahnya bukan saja bentuk tanah rawa dan dasar laut, yang dapat diselidiki dengan pengukuran bathymetri, melainkan pula pada keadaan dasar laut, tanah dasar laut pada kedalaman yang dapat diperkirakan masih ada pengaruh beban muatan apabila kelak reklamasi urukan dilaksanakan.

Tiap macam tanah apabila dibebani akan mengalami penurunan (settlement). Begitu pula dasar laut apabila diberi beban urukan akan menurun. Besar penurunan ini bergantung pada macam tanah dasar, lapis demi lapisnya. Penurunan tanah dasar akan menambah penurunan lahan reklamasi secara menyeluruh. Ukuran besar penurunan total ini diperlukan untuk menganalisa metode perbaikan tanah yang tepat dan percepatan konsolidasinya.

Keadaan tanah dasar harus diperiksa untuk tiap-tiap pekerjaan reklamasi. Semua ini diperlukan sebagai landasan bagi perencanaan pekerjaan. Seperti

diketahui tanah memegang peranan yang sangat penting dalam pendirian bangunan. Karena perannya itu, maka sebelum membangun struktur yang diinginkan di atas lahan yang tersedia sebaiknya dilakukan terlebih dahulu penyelidikan tanah (soil investigation) yang pada prinsipnya adalah untuk mengetahui:

- ♦ Bearing Capacity (daya dukung tanah dasar)
- ♦ Settlement (penurunan) tanah dasar jika diberi beban di atasnya.

Lapisan tanah di daerah pantai adalah tanah yang lunak sampai dengan sangat lunak yang berupa lempung (clay) atau lanau (silt) atau percampuran lempung lanau (silty clay). Tanah lunak demikian memiliki sifat yang kurang menguntungkan, diantara adalah:

1. Gaya geser yang kecil.
2. Pemampatan (penurunan) yang besar.
3. Permeabilitas yang kecil.



Gaya geser yang kecil menyebabkan tanah mudah mengalami gelincir. Hal ini akan membahayakan keselamatan struktur. Struktur bisa mengalami keruntuhan bila daya dukung tanah tidak memadai.

Apabila struktur sudah didirikan, diharapkan tidak terjadi lagi penurunan secara berlebihan. Paling tidak proses konsolidasi sudah mencapai 80% atau lebih untuk mendapatkan faktor keselamatan yang baik. Penurunan tanah yang besar dan berlangsung dalam waktu panjang dalam hal ini jelas tidak diinginkan. Sehingga penurunan akibat beban rencana tersebut harus dihilangkan sebelum konstruksi berdiri.

Sifat-sifat di atas menyebabkan tanah tidak mampu menahan beban konstruksi dengan baik dan dapat mengakibatkan kegagalan berupa retak-retak pada konstruksi akibat terjadinya penurunan bahkan keruntuhan.

Reklamasi dilakukan pada bagian perairan pantai. Bahan utama untuk reklamasi adalah pasir, kemudian bahan untuk tanggul-tanggul adalah batu. Agar tidak menimbulkan banyak masalah di kemudian hari seperti settlement, sliding, swelling dan liquefaction yang diakibatkan oleh deformasi yang besar di dalam material urukan itu sendiri, maka material terbaik untuk reklamasi tersebut adalah pasir yang mengandung sedikit lempung.

Kawasan pantai mempunyai tanah dasar berupa endapan alluvium yang lunak, sehingga perlu didahului oleh pekerjaan perbaikan tanah dasar. Maksud dari perbaikan tanah tersebut adalah untuk:

- ♦ Meningkatkan daya dukung tanah
- ♦ Mengurangi penurunan yang terjadi akibat beban rencana setelah konstruksi dibangun di atasnya.

Metode perbaikan tanah (soil improvement) ada beberapa macam. Seperti pemampatan awal (soil precompression) terutama yang menyangkut pemberian beban awal (preloading) dan penggunaan vertikal drain, pemberian perkuatan tanah (soil reinforcement), pemadatan tanah dalam (deep compaction), injeksi dan grouting, stabilisasi tanah dengan bantuan bahan luar (geosynthetic), stabilisasi cara thermal, timbunan imbalanced-weight (counter weight), vibrofloatation, pencampuran lapisan dalam (deep layer mixing treatment), dan

beberapa metode yang lain. Dalam menetapkan metode perbaikan tanah reklamasi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, diantaranya adalah:

1. Kemudahan pelaksanaan pekerjaan perbaikan tanah dasar.
2. Penggunaan biaya yang seefisien dan seefektif mungkin.
3. Mutu perbaikan tanah yang dapat dipertanggungjawabkan.
4. Waktu penyiapan, pelaksanaan dan penyelesaian yang tidak terlalu lama.
5. Kondisi tanah dasar di lapangan.
6. Pengendalian, pemantauan dan pengawasan pelaksanaan perbaikan tanah dasar.
7. Pengadaan material sebagai bahan untuk memperbaiki tanah dasar.

Berdasarkan pertimbangan hal tersebut di atas ditetapkan cara perbaikan tanah dasar di Laguna Indah dengan pemberian preloading (beban awal) dan penggunaan vertikal drain. Bagaimana menentukan besar dan lama preloading akan dijelaskan pada bab-bab selanjutnya. Demikian juga dengan penentuan diameter vertikal drain, jarak spasi antar vertikal drain yang satu dengan vertikal drain yang lain yang sesuai akan ditentukan kemudian. Preloading adalah metode untuk memperbaiki kondisi tanah dasar dengan cara memberikan beban awal berlebih (surcharge). Preloading ini dilakukan untuk mempercepat proses penurunan tanah sebelum lahan digunakan, misalnya tempat mendirikan gedung, rumah, terminal peti kemas dan sebagainya. Material preloading yang umum digunakan adalah pasir. Pasir diletakkan di atas lahan dengan ketinggian tertentu di atas elevasi tanah yang diinginkan serta lama pembebanan yang tertentu pula

untuk mempercepat pemampatan tanah. Jika proses konsolidasi itu dianggap cukup, maka preloading bisa dihentikan dengan surcharge removal.

Penggunaan vertikal drain dilaksanakan bila perbaikan tanah dengan preloading dianggap belum mencukupi derajat konsolidasi yang diinginkan.

Vertikal drain terdiri dari 3 (tiga) type yang umum, yaitu :

1. Sand drain
2. Fabric encased sand drain
3. Prefabricated vertical (PV) drain.

Adapun PV drain itu sendiri bisa berupa karton, textile, plastik atau material lain (seperti bahan karung goni untuk pelapis luar dan serabut kelapa sebagai core-nya). Dengan vertikal drain maka tanah lunak yang banyak mengandung air di dalamnya akan terhisap ke atas dengan asas kapilaritas. Setelah air meninggalkan pori-pori tanah maka akan terjadi penurunan lapisan tanah, sehingga proses konsolidasi berlangsung lebih cepat dan lahan bisa segera dipakai untuk keperluan yang telah ditentukan sebelumnya.

Pelaksanaan pekerjaan reklamasi itu sendiri didasarkan pada tujuan yang berbeda-beda, diantaranya adalah reklamasi pantai untuk pengembangan kawasan perumahan, pariwisata, perluasan industri, pengembangan pelabuhan dan sebagainya. Beberapa contoh yang sudah mulai umum diketahui adalah di Taman Impian Jaya Ancol, Pantai Indah Kapuk, Proyek Reklamasi Ancol Timur untuk Pengembangan Pelabuhan Tanjung Priuk, Proyek Reklamasi Canal-Estate Pantai Mutiara, Pantai Mentari, Laguna Indah, Pantai Surabaya-Gresik, dan beberapa lokasi lain di Pantai Utara Jawa (Pantura) dan Jimbaran Bali.

1.2. Maksud Dan Tujuan

Tanah di daratan sebagian besar adalah tanah lempung atau tanah yang berasal dari lempung. Oleh karena terus-menerus mengalami genangan, maka lempung ini telah banyak melapuk dan mengandung kadar air yang tinggi dengan nilai indeks plastisitas yang tinggi pula. Tanah lempung lunak ini berwarna abu-abu yang memiliki kecenderungan mudah susut dan kembang dengan perubahan kadar air. Macam tanah ini banyak di bagian-bagian rendah dari daerah proyek Laguna Indah. Lebih ke timur dan lebih ke utara tanah lapisan atas lebih berwarna kemerah-merahan. Lebih ke dalam, tanah di daratan daerah pantai lebih berwujud lempung bercampur pasir dengan selingan lapisan-lapisan lempung laut.

Tanah-tanah tersebut di atas jelas memerlukan suatu cara perbaikan (soil improvement). Bagi bangunan-bangunan bertingkat tetap diperlukan pondasi tiang pancang. Agar dapat mempergunakan salah satu tipe pondasi dangkal bagi gedung-gedung ringan mungkin diperlukan pemadatan dengan lapisan pasir dan salah satu cara dynamic compaction. Untuk bangunan perumahan kecil dan sedang cukup dengan preloading atau vertikal drain.

Maksud dari analisa yang dilakukan adalah untuk memprediksi besar dan waktu penurunan yang terjadi pada tanah reklamasi, yaitu settlement tanah dasar jika tidak dilakukan preloading atau dengan preloading, tanpa vertikal drain atau dengan vertikal drain. Perhitungan juga dilakukan untuk mendapatkan optimasi pola pemasangan vertikal drain dengan susunan bujur sangkar atau pola susunan

segitiga, penentuan diameter vertikal drain dan jarak antar vertikal drain, serta perhitungan untuk mengestimasi penurunan pasca perbaikan tersebut.

1.3. Ruang Lingkup Pembahasan dan Batasan Masalah

Pekerjaan reklamasi adalah kompleks karena dilakukan pada tanah yang lunak. Dengan demikian diperlukan perhitungan-perhitungan dan pendekatan-pendekatan berdasarkan literatur dan pengalaman yang sudah ada sebelumnya. Sehingga dari segi teknis dan fisik dapat memberikan keamanan yang cukup.

Dalam tugas akhir ini pembahasan meliputi beberapa hal yang tersebut di bawah ini:

1. Menentukan besar dan waktu settlement yang hendak dihilangkan akibat beban rencana.
2. Menentukan besar preloading dan lama preloading untuk ketinggian 2,3 m pada sektor 1 dan 3,9 m pada sektor 2.
3. Menentukan pola pemasangan vertikal drain apakah pola pemasangan segitiga atau pola segi empat.
4. Menentukan ukuran lebar vertikal drain apakah 10 cm, 15 cm atau 30 cm.
5. Menentukan jarak antar vertikal drain untuk mendapatkan konsolidasi yang lebih cepat mengingat terbatasnya waktu pelaksanaan proyek, apakah 1 m, 1,5 m, atau 2 m.
6. Mengestimasi besar dan lama settlement akibat vertikal drain.
7. Mengestimasi besar dan lama settlement akibat kombinasi preloading dan vertikal drain.

1.4. Lokasi

Lokasi yang ditetapkan untuk pembahasan tugas akhir ini adalah:

Proyek : Laguna View Housing

Owner : PT. Pakuwon Jati Grup

Consultan : Testana Engineering, Inc.

Lokasi : Kejawan Putih Tambak dan Kalisari, Surabaya Timur.

BAB II

TINJAUAN DASAR TEORI

2.1. PEMAMPATAN KONSOLIDASI

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Bila suatu lapisan tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori dalam tanah tersebut akan segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Karena permeabilitas tanah yang rendah, proses ini membutuhkan waktu. Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh yang bermeabilitas rendah akibat pembebanan, di mana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanahnya. Proses konsolidasi dapat diamati dengan pemasangan piezometer, untuk mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu. Untuk ini dipakai alat yang dikenal dengan settlement plate, yang terdiri atas dua jenis. Yaitu deep settlement plate dan surface settlement plate.

Pemberian beban di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan (settlement/penurunan). Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya:

- ♦ Deformasi partikel tanah
- ♦ Relokasi partikel tanah
- ♦ Keluarnya air atau udara dari dalam pori tanah

Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Sebagian besar dari pemampatan berlangsung dalam arah vertikal (satu dimensi), sedangkan pemampatan ke arah horisontal terhalang oleh tanah sekelilingnya. Secara umum settlement terdiri atas 3 komponen (Holtz dan Kovacs, 1981), yaitu:

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

dimana:

S_t = penurunan total

S_i = penurunan segera

S_c = penurunan konsolidasi

S_s = penurunan sekunder

Adapun perbedaan ketiga macam penurunan tanah di atas adalah:

1. Penurunan Segera: penurunan yang disebabkan deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.
2. Penurunan Konsolidasi: penurunan yang disebabkan perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.

3. Penurunan Sekunder: penurunan yang disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Karena tanah lokasi dominan oleh tanah lempung jenuh air maka pemampatan yang terjadi adalah didominasi oleh pemampatan konsolidasi.

Struktur engineering dengan pondasi di atas tanah yang didesain secara tidak benar dapat gagal berdasarkan salah satu dari dua kondisi di bawah ini:

- ♦ Penurunan yang berlebihan
- ♦ Keruntuhan geser dari tanah

Tanah akan mengalami deformasi karena beban dan apabila deformasi pada bagian-bagian yang tidak sama dari bangunan cukup untuk menyebabkan tegangan berlebihan dalam bagian-bagian bangunan, maka keadaan ini akan menimbulkan suatu keruntuhan struktural. Suatu keruntuhan geser dapat terjadi bilamana beban-beban bangunan melampaui kapasitas dukung ultimat atau kapasitas dukung beban dari tanah. Janis keruntuhan ini ditandai dengan pergesaran sepanjang bidang kritis dari tanah fondasi. Pada tugas akhir ini dibahas masalah settlement akibat konsolidasi sehingga penurunan yang berlebihan pada fondasi dapat dihindari.

2.1.1. Dasar-dasar Konsolidasi

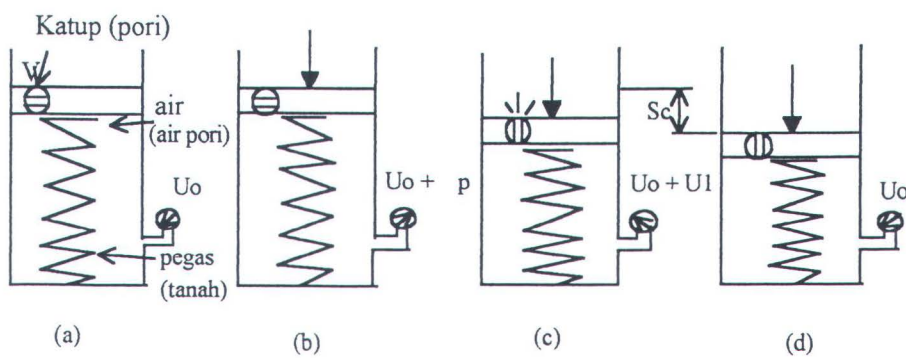
Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Penurunan konsolidasi terjadi karena berubahnya volume tanah jenuh air sebagai akibat keluarnya air yang menempati

pori-pori tanah. Pada tanah berpasir yang sangat tembus oleh air (high permeability), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah. Berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang mampu mampat (kompresibel) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (settlement) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung adalah sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara sangat lambat dalam waktu yang sangat lama. Jadi untuk tanah lempung yang lunak perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air di dalam pori (yaitu konsolidasi) akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lama dan lambat dibandingkan dengan penurunan segera.

Deformasi sebagai fungsi waktu (time-dependent deformation) dari suatu tanah lempung yang jenuh air dapat dipahami dengan mudah apabila digunakan suatu model reologis yang sederhana. Mekanisme proses konsolidasi satu dimensi (one dimensional consolidation) dapat digambarkan dengan cara analisis seperti yang disajikan dalam gambar dibawah. Silinder dengan piston yang berlubang dihubungkan dengan pegas, diisi air sampai memenuhi volume silinder. Pegas dianggap terbebas dari tegangan-tegangan dan tidak ada gesekan antara

dinding silinder dengan tepi pistonnya. Pegas melukiskan keadaan tanah yang mudah mampat, sedangkan air melukiskan air pori dan lubang pada piston melukiskan kemampuan tanah dalam meloloskan air atau permeabilitas tanahnya. Gambar 2.1.a melukiskan kondisi di mana sistem dalam keseimbangan. Kondisi ini identik dengan lapisan tanah yang dalam keseimbangan dengan tekanan overburden. Alat pengukur tekanan yang dihubungkan dengan silinder memperlihatkan tekanan hidrostatik sebesar U_0 , pada lokasi tertentu di dalam tanah.



Gambar 2.1. Analogi piston dan pegas (dari Terzaghi, 1977)

Bila tekanan sebesar Δp dikerjakan di atas piston dengan posisi katup V tertutup (gambar 2.1.b) maka akibat tekanan ini piston tetap tidak akan bergerak. Hal ini disebabkan karena air tidak mudah mampat. Pada kondisi ini, tekanan pada piston tidak dipindahkan ke pegas, tapi sepenuhnya didukung oleh air. Pengukur tekanan air dalam silinder menunjukkan kenaikan tekanan sebesar $\Delta u = \Delta p$, atau pembacaan tekanan sebesar $U_0 + \Delta p$. Kenaikan tekanan air pori ΔU disebut dengan kelebihan tekanan air pori (excess pore water pressure). Kondisi

pada kedudukan katup V tertutup melukiskan kondisi tanpa drainase (undrained) di dalam tanah.

Jika kemudian katup V dibuka, air akan keluar lewat lubang dengan kecepatan yang dipengaruhi oleh luas lubangnya. Hal ini akan menyebabkan piston bergerak ke bawah, sehingga pegas secara berangsur-angsur mendukung beban akibat Δp (gambar 2.1.c). Pada setiap kenaikan tekanan yang didukung oleh pegas, kelebihan tekanan air pori (ΔU), di dalam silinder berkurang. Akhirnya pada suatu saat, tekanan air pori nol dan seluruh tekanan didukung oleh pegasnya dan kemudian piston diam (gambar 2.1.d). Kedudukan ini melukiskan kondisi drainase (drained).

Pada sembarang waktunya, tekanan yang terjadi pada pegas identik dengan kondisi tegangan efektif di dalam tanah. Sedangkan tegangan air di dalam silinder identik dengan tekanan air pori. Kenaikan tekanan Δp akibat beban yang diterapkan identik dengan tambahan tegangan normal yang bekerja. Gerakan piston menggambarkan perubahan volume tanah, di mana gerakan ini dipengaruhi oleh kompresibilitas (kemudah-mampatan) pegasnya, yaitu ekuivalen dengan kompresibilitas tanahnya.

Walaupun model piston dan pegas ini agak kasar, tetapi cukup menggambarkan apa yang terjadi bila tanah kohesif jenuh dibebani di laboratorium maupun di lapangan.

Konsolidasi pada tanah lempung akibat beban statis menghasilkan pemampatan yang sangat lambat (tidak seperti pada tanah pasir). Ada dua penyebab utama mengenai lambatnya waktu penurunan dari tanah lempung:

1. Kelambatan hidrodinamik

2. Kelambatan kekentalan

Meskipun lapisan lempung mempunyai sedikit sifat kompresi elastis berupa sedikit perubahan volume pada partikel tanah dan air, secara pasti bagian yang lebih besar dari penurunan harus terjadi karena diperasnya air keluar dari rongga pori. Beban statis menghasilkan suatu gradien tekanan dalam air pori dan menyebabkan aliran menuju permukaan drainase. Akan tetapi, aliran ini lambat karena rendahnya permeabilitas dari tanah lempung, sehingga laju penurunan merupakan fungsi dari permeabilitas. Kelambatan waktu penurunan disebabkan oleh fenomena ini disebut sebagai kelambatan hidrodinamik.

Agar partikel-partikel lempung bergerak saling mendekat bersama-sama akibat suatu beban statis, maka air lapis ganda yang tersusun mengelilingi partikel-partikel lempung harus mengalami deformasi. Deformasi ini disebabkan oleh beban-beban yang dapat cenderung memaksa keluar air lapis ganda dan/atau oleh beban-beban yang dapat menyebabkan suatu deformasi geser dalam air yang mengelilingi partikel tersebut. Kelambatan waktu yang berkaitan dengan perlawanan kekentalan disebut kelambatan kekentalan.

2.1.2. Lempung Yang Terkonsolidasi Normal dan Lebih

Suatu tanah di lapangan pada suatu kedalaman tertentu biasanya telah mengalami tekanan efektif maksimum akibat berat tanah di atasnya (maximum effective overburden pressure) dalam sejarah geologisnya. Tekanan efektif overburden maksimum ini mungkin sama dengan atau lebih kecil dari tekanan overburden yang ada pada saat pengambilan contoh tanah. Berkurangnya tekanan

di lapangan tersebut mungkin disebabkan oleh proses geologi alamiah atau proses yang disebabkan oleh makhluk hidup (misalnya manusia atau binatang). Pada saat diambil, contoh tanah tersebut terlepas dari tekanan overburden yang membebaninya selama ini. Sebagai akibatnya tanah tersebut akan mengembang. Pada saat terhadap contoh tanah tersebut dilakukan uji konsolidasi, suatu pemampatan yang kecil (yaitu perubahan angka pori yang kecil) akan terjadi bila beban total yang diberikan pada saat percobaan adalah lebih kecil dari tekanan efektif overburden maksimum yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan. Apabila beban total yang diberikan pada saat percobaan adalah lebih besar dari tekanan efektif overburden maksimum maka perubahan angka pori yang terjadi adalah lebih besar.

Keadaan ini mengarahkan kita kepada dua definisi dasar yang didasarkan pada sejarah tegangan:

1. Terkonsolidasi Normal (Normally Consolidated), lempung terkonsolidasi normal adalah lempung yang tidak pernah menderita beban tegangan efektif yang lebih besar dari tegangan yang ada sekarang.
2. Terkonsolidasi lebih (Overconsolidated), di mana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya.

Tekanan efektif overburden maksimum yang telah dialami sebelumnya dinamakan tekanan prakonsolidasi (preconsolidation pressure). Besarnya overconsolidation ratio adalah

$$OCR = \frac{p_c}{p}$$

dimana:

p_c = tekanan prakonsolidasi

p = tekanan vertikal efektif pada saat tanah itu diselidiki.

2.1.3. Perumusan

Bila ditinjau lapisan tanah lempung jenuh dengan tebal H . Akibat adanya beban yang bekerja, lapisan tanah menerima tambahan tegangan sebesar Δp . Dianggap regangan arah lateral adalah nol. Pada akhir konsolidasi terdapat tambahan tegangan efektif vertikal sebesar (Δp) . Sebagai akibat penambahan tegangan dari p_0 ke p' , terjadi pengurangan angka pori dari e_0 ke e_1 . Pengurangan volume per satuan volume lempung dapat dinyatakan dengan persamaan nilai banding pori sebagai berikut (Terzaghi, 1987):

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta H}{H} = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} = \frac{\Delta e_0}{e_0} \dots\dots\dots (*)$$

dengan:

V = volume awal

H = tebal lapisan tanah awal

ΔH = perubahan ketebalan

e_0 = angka pori awal

e_1 = angka pori pada perubahan volume tertentu

Δe_0 = perubahan angka pori

Karena regangan lateral nol, pengurangan volume per satuan volume sama dengan pengurangan tebal per satuan tebalnya, yaitu penurunan per satuan ketinggian atau panjangnya. Besarnya penurunan lapisan setebal dh dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\begin{aligned} dS_c &= \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} dh \\ &= \frac{e_0 - e_1}{p_1 - p_0} \frac{p_1 - p_0}{1 + e_0} dh \\ &= m_v \Delta p dh \end{aligned}$$

dengan S_c adalah penurunan konsolidasi.

Untuk penurunan lapisan tanah dengan tebal H :

$$S_c = \int m_v \Delta p \, dh$$

Jika m_v dan Δp dianggap sama pada sembarang kedalaman tanahnya, maka

$$S_c = m_v \Delta p H$$

Bila akan menghitung besarnya penurunan konsolidasi dengan menggunakan nilai m_v dan Δp , maka pada sembarang kedalaman lapisan yang ditinjau nilai keduanya dihitung, dan penurunan ditentukan dari penambahan secara aljabar dari penurunan tiap lapisannya. Nilai tambahan tegangan Δp dapat ditentukan dengan memperhatikan penyebaran beban pada tiap lapisan yang ditinjau. Penurunan total adalah jumlah penurunan tiap lapisnya, yaitu jumlah $m_v \Delta p \, dH$. Persamaan (*) bila diubah dalam bentuk,

$$S_c = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} H = \frac{\Delta e_0}{1 + e_0} H$$

$$\text{dari nilai } C_c = \frac{\Delta e}{\log p_2 - \log p_1}$$

maka penurunan konsolidasi dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_2}{p_1}$$

dengan H adalah tebal lapisan mampat yang ditinjau, p_1 dan p_2 adalah tegangan yang terjadi pada lapisan tanah di mana, $p_2 > p_1$. Penurunan untuk lempung *normally consolidated* dengan tambahan tegangan efektif sebesar $p_1 = p_0 + \Delta p$, dapat dinyatakan dalam persamaan (Das, 1984):

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Jika lapisan tersebut sangat tebal, adalah lebih teliti bila lapisan tanah tersebut dibagi menjadi beberapa sub-lapisan dan perhitungan penurunan dilakukan secara terpisah untuk tiap-tiap sub-lapisan. Jadi penurunan total dari seluruh lapisan adalah (Das, 1984):

$$S_c = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_c H_i}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_{0(i)} + \Delta p(i)}{p_{0(i)}} \right) \right]$$

di mana:

S_c = Settlement konsolidasi

C_c = consolidation coefficient

H_i = tebal sub lapisan i .

$p_{o(i)}$ = tekanan efektif overburden untuk sub lapisan i .

$\Delta p_{(i)}$ = penambahan tekanan vertikal untuk sub lapisan i .

Untuk lempung yang terkonsolidasi lebih apabila $(p_o + \Delta p) \leq p_c$ lapangan dengan indeks pemuaian C_s besarnya penurunan dirumuskan sebagai berikut (Das, 1984):

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_0} \log\left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o}\right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Apabila $p_o + \Delta p > p_c$

$$S_c = \frac{C_c H}{1+e_0} \log\left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o}\right) + \frac{C_s H}{1+e_0} \log\left(\frac{p_c}{p_o}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Sedangkan untuk menghitung waktu pemampatan konsolidasi digunakan persamaan:

$$t = \frac{T\left(\frac{H}{n}\right)^2}{C_v} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

T = faktor waktu yang merupakan fungsi

dari derajat konsolidasi arah vertikal (U_v)

H = Tebal lapisan yang memampat

C_v = Koefisien konsolidasi arah vertikal ($m^2/tahun$)

n = arah drainase

= 1, untuk drainase tunggal

= 2, untuk drainase ganda

Untuk mengetahui derajat konsolidasi pada waktu tertentu dapat digunakan persamaan:

$$U_v = \frac{\text{besar pemampatan saat } t (S_t)}{\text{besar pemampatan total } (S_{\infty})} \times 100\%$$

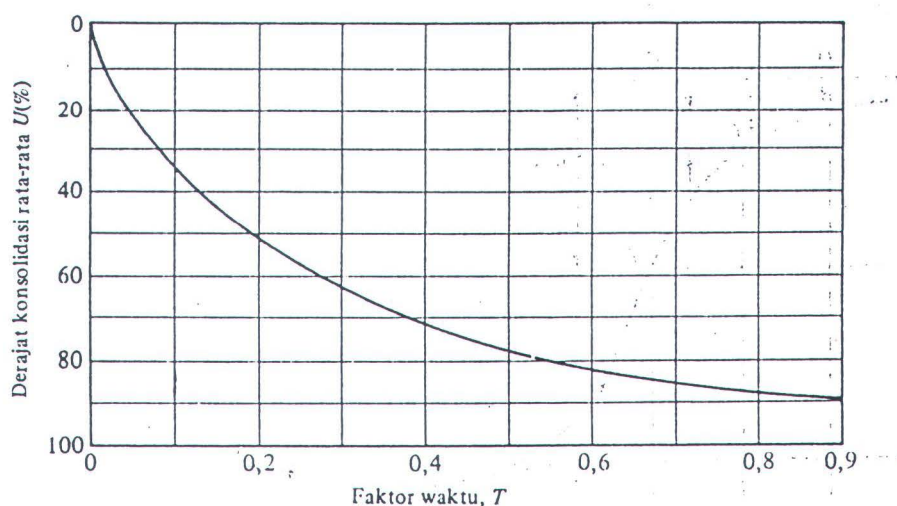
Apabila $U_v < 60\%$

$$T = \frac{\pi}{4} \left[\frac{U_{\text{rata-rata}}}{100} \right]^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk $U_v > 60\%$

$$T = 1,781 - 0,933 \log(100 - U_{\text{rata-rata}}) \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk mendapatkan harga U_v (%) dapat dilihat pula dari gambar 2.2.



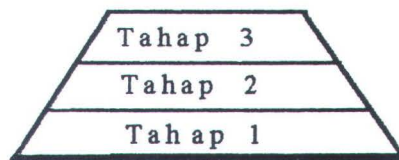
Gambar. 2.2. Kurva hubungan antara derajat konsolidasi dan faktor waktu untuk konsolidasi akibat keluarnya air pori arah vertikal, U_v vs T_v . (Das, 1984)

2.2. Preloading

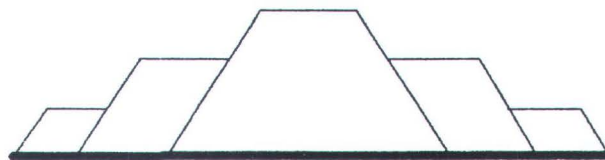
2.2.1. Preloading tanpa Vertikal drain

Lokasi pembangunan berukuran besar yang terdiri dari lanau dan lempung lembek atau tanah organis, tanah urugan saniter, dan tanah-tanah

kompresibel lainnya seringkali dapat distabilisasi secara efektif dan ekonomis dengan cara prakompresi (preloading/prapembebanan). Prakompresi akan berupa prapembebanan tanah untuk memperoleh penurunan sebelum pembangunan dimulai. Prabebeban (preloading) biasanya berupa urukan tanah yang harus dibiarkan di tempat dalam jangka waktu yang panjang untuk terjadinya penurunan yang disyaratkan. Suatu sistem monitoring diperlukan untuk mengetahui settlement telah terjadi. Setelah penurunan yang disyaratkan selesai, maka sebagian atau seluruh surcharge dapat dipindahkan dari tempat itu.



a. Preloading secara bertahap



b. Preloading dengan counter weight

Gambar 2.3. Preloading bertahap dan counter weight

Kadang-kadang penambahan besarnya beban, disebut sebagai beban tambahan, digunakan untuk mengurangi waktu yang diperlukan guna mencapai penurunan yang disyaratkan. Beban tambahan menyebabkan tekanan tanah total yang lebih besar daripada tekanan tanah terhadap beban desain (beban rencana)

final, sehingga penurunan ultimit terhadap beban desain akan hanya merupakan persentase tertentu dari penurunan ultimit terhadap beban tambahan. Karena hanya sebagian dari penurunan ultimit terhadap seluruh beban tambahan yang disyaratkan, maka waktu untuk mencapai penurunan tersebut akan kurang daripada beban tambahan. Gagasan ini dapat ditunjukkan dengan memperhatikan persamaan (Das, 1984):

$$\Delta H = \sum \left[\frac{\Delta e}{1+e_0} H_0 \right]$$

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam preloading adalah sebagai berikut:

1. Besar pemampatan yang harus dihilangkan.
2. Daya dukung tanah dasar dalam menerima beban.
3. Waktu yang tersedia untuk pelaksanaan preloading.

Besar daya dukung tanah dirumuskan sebagai:

$$q_u = C N_c + 0.5 \gamma B N_\gamma + \gamma D_f N_q \dots\dots\dots(2.7)$$

Tabel 2.1. Faktor Daya Dukung

ϕ, deg	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2$	$N_{\gamma(M)}^*$
0	5.14	1	0	0.19	0	0
5	6.5	1.6	0.1	0.24	0.15	0.1
10	8.3	2.5	0.4	0.3	0.24	0.4
15	11	3.9	1.2	0.36	0.29	1.1
20	14.8	6.4	2.9	0.43	0.32	2.9
25	20.7	10.7	6.8	0.51	0.32	6.8
30	30.1	18.4	15.1	0.61	0.29	15.7
35	46.1	33.3	33.9	0.72	0.25	37.1
40	75.3	64.2	79.5	0.85	0.21	93.7
45	133.9	134.9	200.8	1.01	0.17	262.7
50	266.9	319	568.5	1.2	0.13	873.7

* = Meyerhof value

Bilamana $\phi = 0$ dan $D_f = 0$
maka $N_\gamma = 0$ $N_c = 5.14$ dan $N_q = 1$

Persamaan 2.7 menjadi

$$q_u = C \times 5.14 \dots\dots\dots(2.7b)$$

Sedangkan $q_{u \text{ ijin}} = q_u / FS$

Jadi besar beban preloading maksimum yang masih mampu didukung oleh tanah dasar dapat dihitung dengan persamaan :

$$H_{cr} = \frac{CN_c}{\gamma_{\text{sat}} FS} \dots\dots\dots(2.8)$$

Tinggi timbunan kritis (H_{cr}) dipakai sebagai pedoman untuk menentukan sistem preloading akan dilakukan secara langsung atau bertahap. Apabila H_{cr} lebih besar atau sama dengan tinggi timbunan yang direncanakan, maka preloading dapat dilakukan secara langsung. Tetap jika H_{cr} lebih kecil atau sama dengan tinggi timbunan yang direncanakan maka preloading akan dilakukan secara bertahap atau dengan memberikan beban berimbang di kiri dan kanan timbunan yang disebut counter weight. Ini membutuhkan lahan yang lebih lebar dan material tanah yang lebih banyak.

Bila preloading dilakukan secara bertahap atau dengan counterweight maka akan terjadi peningkatan daya dukung tanah. Perumusan yang dipakai untuk menghitung peningkatan daya dukung tanah menurut Mesri (1975) dan Balabramaniam (1981) adalah sebagai berikut

$$\frac{\Delta C_u}{\Delta \sigma_u} = 0.22 \dots\dots\dots(2.9)$$

Sistem preloading tanpa vertikal drain dapat dipakai bila pemampatan yang harus dihilangkan tidak terlalu besar dan waktu pelaksanaannya masih dalam batas perencanaan proyek yang bersangkutan.

Perbaikan tanah dengan teknik pemampatan seperti preloading ditujukan untuk tanah-tanah yang mengalami penurunan yang besar bila dibebani. Tanah lempung (clay) bersifat compressible, memiliki daya dukung (bearing capacity) yang rendah. Pada tanah lempung, pemampatan tanah sekunder relatif cukup besar dibanding dengan primary compression. Untuk tanah jenis ini, derajat konsolidasi U_z rata-rata ditetapkan :

$$(U_z)_{f+s} = \frac{S_f + S_s}{S_{f+s}}$$

di mana:

S_s = penurunan sekunder

S_f = penurunan akibat beban rencana

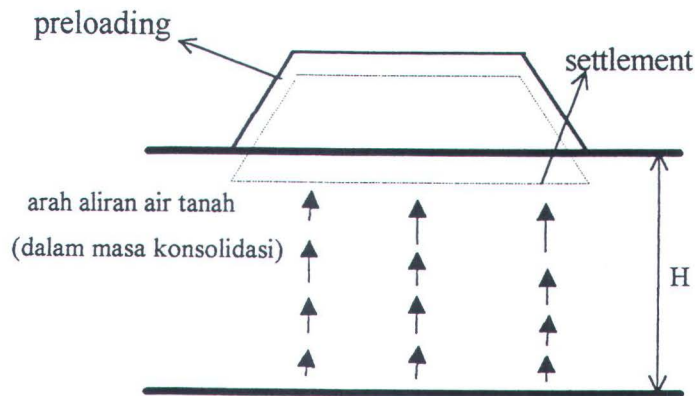
S_{f+s} = penurunan akibat beban preloading

2.2.2. Preloading Dengan Vertikal Drain

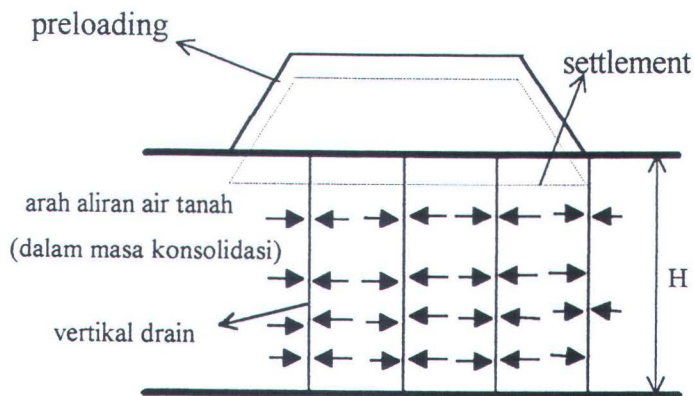
Bilamana sistem perbaikan tanah dengan preloading masih belum menghasilkan besar dan lama settlement seperti yang diharapkan, maka seperti pengalaman yang ada dan teknologi yang mendukung dilaksanakanlah instalasi vertikal drain. Vertikal drain bisa terbuat dari bahan sintetis ataupun dari alam (bahan karung goni dan serabut kelapa sebagai intinya, seperti yang dilakukan pada proyek Pantai Mutiara, Jakarta). Peralatan pancangnya bisa crane sistem hidrolik atau sistem getar.

Kombinasi preloading dan vertikal drain sering dipakai untuk memperpendek waktu perbaikan tanah lempung yang cukup tebal. Pada kondisi normal (tanpa vertikal drain), air pori hanya mengalir ke arah vertikal saja dan

perlu waktu yang sangat lama.



Gambar 2.4a. Panjang aliran air tanpa vertikal drain



Gambar 2.4b. Panjang aliran air dengan vertikal drain

Apabila digunakan vertikal drain maka akan terjadi aliran pori arah radial menuju vertikal drain selain arah vertikal. Proses aliran air pori ke arah radial adalah lebih cepat karena pengaruh struktur tanah lempung itu sendiri yang berlapis-lapis arah horisontal sehingga permeabilitas arah horisontal lebih besar dari pada arah vertikal.

Fungsi utama digunakannya vertikal drain dalam suatu lapisan lempung compressible adalah disamping untuk menaikkan kekuatan tanah juga terutama untuk menaikkan kecepatan konsolidasi primernya (mempercepat konsolidasi primer). Konsolidasi primer adalah peristiwa keluarnya air dari dalam ruang pori tanah sebagai akibat adanya pembebanan mekanik atau lainnya, sehingga mengakibatkan pemampatan atau settlement dari lapisan tanah tersebut.

Metode perbaikan tanah dengan menggunakan vertikal drain ini, pada hakikatnya adalah:

- ♦ Mereduksi waktu antara dua fase pelaksanaan disamping diterapkannya pembangunan atau penimbunan bertahap.
- ♦ Mengurangi waktu yang diperlukan untuk memperoleh derajat konsolidasi yang memadai, yaitu di saat struktur bangunan di atasnya berfungsi.

Penggunaan vertikal drain yang dikombinasikan dengan surcharge (preloading) dapat menghasilkan dengan cepat sebagian besar dari penurunan total sebelum struktur bangunan atau timbunan permanen di atasnya berfungsi.

Pola pemasangan vertikal drain ada 2 jenis. Yang pertama adalah pola pemasangan segitiga dan kedua adalah pola segiempat. Pola segitiga lebih cepat dilaksanakan di lapangan karena dalam satu posisi crane dapat memasukkan 3 (tiga) buah vertikal drain. Crane hanya perlu bergerak sedikit ke kanan dan ke kiri, sehingga tidak perlu pindah tempat. Sedangkan pada pola segiempat, crane harus bergerak maju terlebih dahulu untuk menjangkau 2 (dua) posisi vertikal drain yang akan dipasang, dengan bergerak sedikit serong ke kanan dan ke kiri.

2.3. Perencanaan Vertikal Drain

Vertikal drain yang dipergunakan adalah jenis fibredrain. Jenis yang lain adalah sand drain, PV drain dan wick drain. Kegunaan dari fibredrain adalah memperpendek arah aliran air pori. Sehingga proses konsolidasi berjalan lebih cepat. Untuk tanah yang diperbaiki dengan fibredrain, derajat konsolidasinya dapat dihitung menurut persamaan yang diberikan Terzaghi (1977) :

$$U = \frac{4T_v}{\pi} \quad \text{untuk } T_v \leq 0,287$$

atau

$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot e \cdot (-\pi^2 T_v/4) \quad \text{untuk } T_v \geq 0,287$$

di mana $T_v = C_v \cdot t / H^2$

dengan:

T_v = faktor waktu untuk konsolidasi arah vertikal

C_v = koefisien konsolidasi arah vertikal

t = waktu konsolidasi

H = tebal lapisan tanah.

Sementara Rendulic (1935) memberikan perumusan untuk menghitung derajat konsolidasi rata-rata berikut.

$$U_r = 1 - \exp [-8Ch.t/(De^2 \cdot F(n))]$$

di mana:

$$F(n) = \left[\frac{n^2}{n^2-1} \ln(n) \right] - \frac{3n^{2-1}}{4n^2}$$

dengan

$$n = De/Dw$$

di mana:

De = diameter ekivalen tanah yang terkonsolidasi

Dw = diameter vertical drain.

Untuk menghitung waktu pemampatan akibat vertikal drain digunakan persamaan (Magnan, 1981):

$$t = \frac{D^2 \alpha}{8C_h} \ln \frac{1}{1-U_h} \dots\dots\dots (2.10)$$

di mana

$$\alpha = \frac{n^2}{n^2-1} \left[\ln(n) - 3/4 + \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \right] \dots\dots\dots (2.11)$$

Sehingga persamaan 2.10 berubah menjadi

$$t = \frac{D^2}{8C_h} \left[\ln \left(\frac{D}{d} \right) - 3/4 \right] \ln \frac{1}{1-U_h} \dots\dots\dots (2.12)$$

Pada akhirnya, derajat konsolidasi rata-rata untuk lapisan tanah yang diperbaiki dengan dipasang vertical drain dapat dihitung dengan formula Carillo (1942):

$$1-U_c = [(1-U_v)(1-U_h)] \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana:

U_h = derajat konsolidasi aliran horisontal

U_v = derajat konsolidasi aliran vertikal

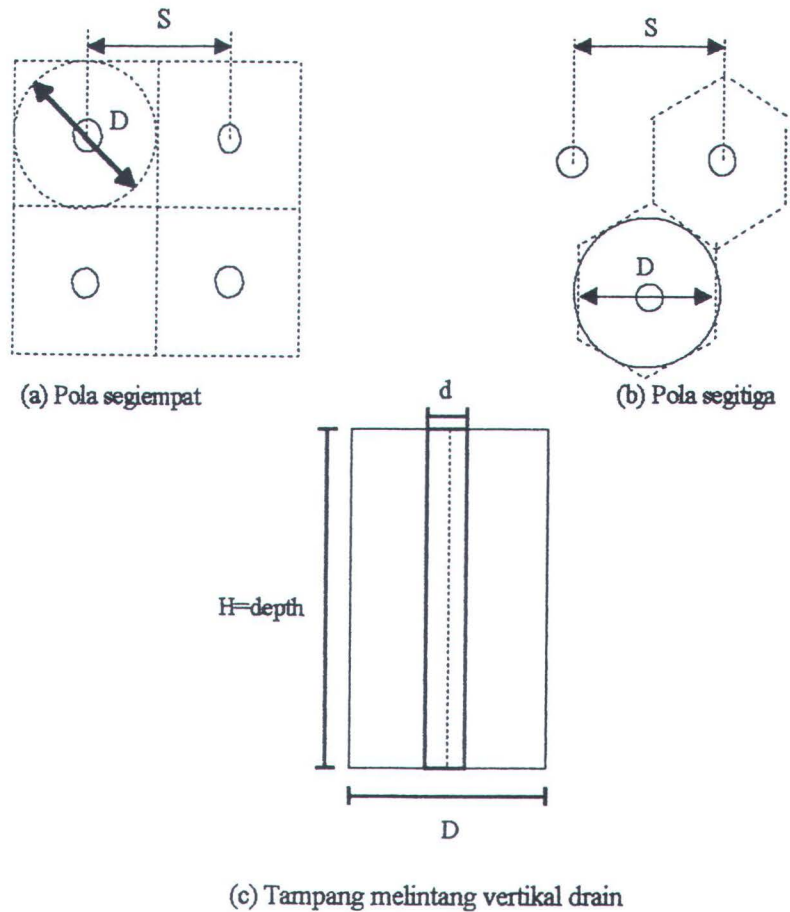
Besarnya diameter efektif (pengaruh) dari drain yang dipasang tergantung dari pola pemasangannya yaitu pola segitiga atau segiempat. Bentuk segitiga diasumsikan bahwa luas lingkaran dari diameter pengaruh sama dengan luas jajaran genjang yaitu:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{s^2 \sqrt{3}}{2}$$

maka $D = 1.05 s$

dimana

s = jarak antar vertikal drain



Gambar 2.5. Pola pemasangan vertikal drain

Sedangkan pola segiempat diasumsikan luas lingkaran dari diameter pengaruh sama dengan luas segiempat dengan sisi s (Soedarmo, 1997), jadi:

$$\frac{\pi D^2}{4} = s^2$$

$$D = 1.128 s$$

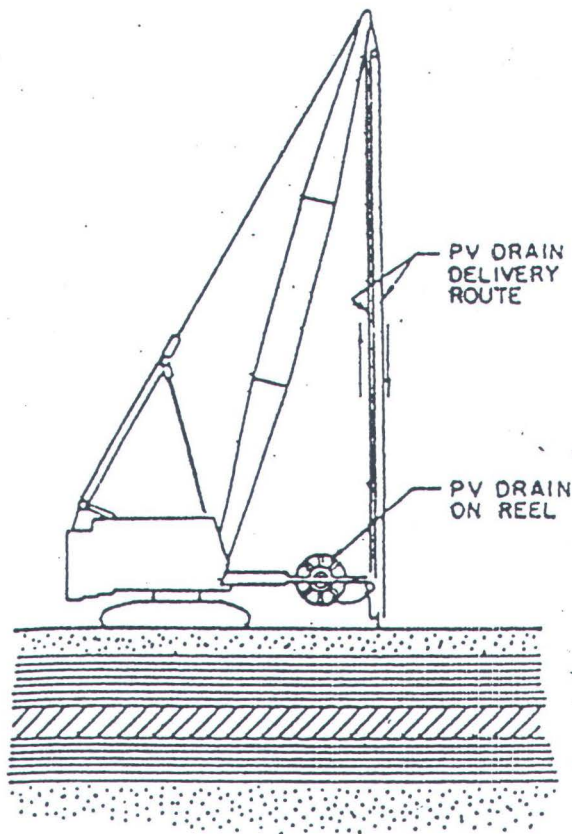
Untuk menentukan besarnya diameter ekivalen (d) dari drain diasumsikan drain berbentuk silinder. Juga diasumsikan efek pemasangan drain tergantung pada gaya absorpsi dari tanah permukaan. Luas efektif dari tipe ini adalah $2 \times \text{lebar} \times f$, dimana f merupakan faktor koreksi. Asumsi luas efektif ini didasarkan pada:

- ♦ Masuknya air ke dalam vertikal drain kurang baik pada drain yang berbentuk segiempat dibanding dengan drain yang berbentuk bundar.
- ♦ Kemungkinan terjadinya kerusakan pada tanah akibat saat pemasangan vertikal drain yang menimbulkan efek yang menguntungkan selama proses konsolidasi.

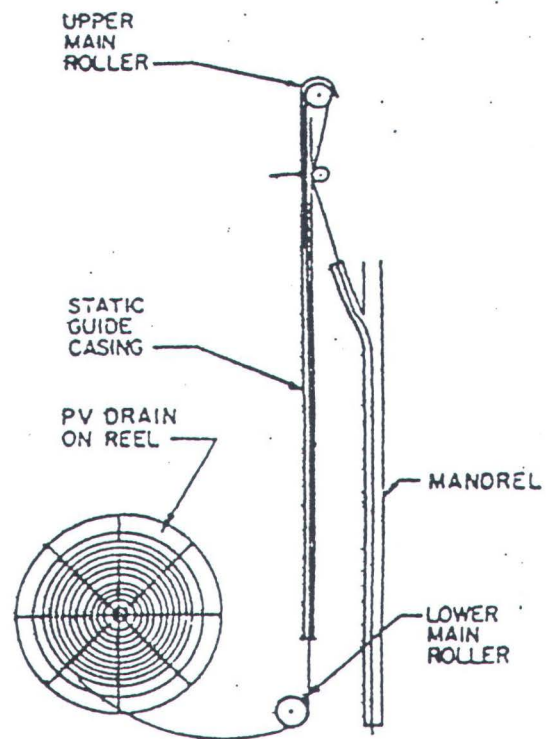
Jadi diameter ekivalen (d) = $\frac{2bf}{\pi}$. Berdasarkan Laboratorium Mekanika Tanah Delft faktor f diambil sama dengan $\pi/4 = 0.785$ (Soedarmo, 1997). Maka $d = \frac{2b \pi}{\pi 4} = \frac{b}{2}$.

2.4. PELAKSANAAN PEMASANGAN VERTIKAL DRAIN

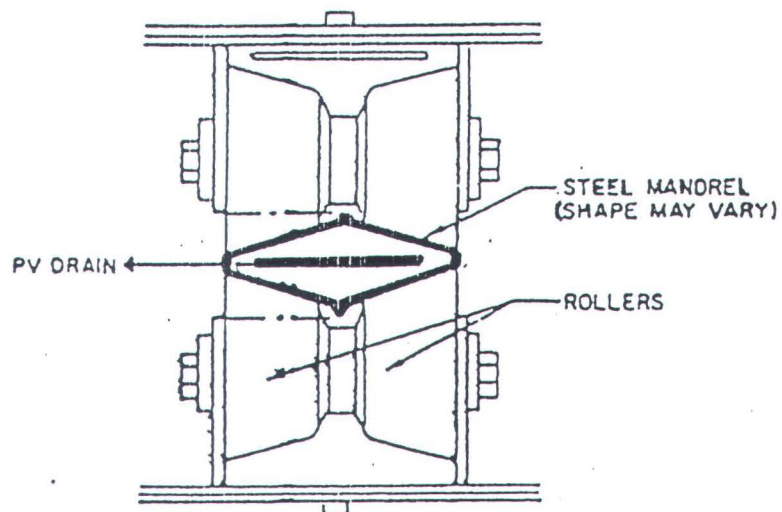
Secara umum pelaksanaan pemancangan vertikal drain menggunakan alat seperti gambar 2.6. Pemasangannya dapat mengakibatkan displacement dan shear strain di sekeliling drainase. Pemasangan vertikal drain dilindungi oleh mandrel atau mandrin. Bentuk dari mandrel ini adalah rectangular atau rhombic, dengan luas penampang melintangnya sekitar 65 cm^2 . Mandrel ini dipenetrasikan ke dalam "compressible soil" dengan cara pembebanan statis atau vibrasi. Setelah vertikal drain yang bersangkutan tertanam sesuai rencana, maka mandrel tersebut ditarik keluar.



(A) INSTALLATION RIG



(B) DRAIN DELIVERY ARRANGEMENT



(C) CROSS SECTION OF MANDREL AND DRAIN

Gambar 2.6. Perlengkapan instalasi vertikal drain.

Apabila dibuat urut-urutannya, maka pemasangan vertikal drain adalah sebagai berikut:

1. "The Installation Rig" dengan mandrel dipersiapkan secara bersamaan pada posisi di atas rencana letak vertikal drain.
2. Sebuah anker diletakkan pada akhir vertikal drain.
3. Mandrel bersama-sama vertikal drain dipenetrasikan ke dalam tanah sampai dengan kedalaman yang diinginkan.
4. Mandrel ditarik kembali keluar.
5. Material vertikal drain dipotong di atas drainage blanket atau di atas subgrade timbunan reklamasi.

Sebelum semua cara pemasangan di atas dilaksanakan, pekerjaan pendahuluan untuk persiapan di lapangan umumnya harus dilalui terlebih dahulu. Site preparation tersebut misalnya excavation (removing the vegetation, surficial debris, dense soil, dan lain-lain), site grading dan pembangunan working mat (alas kerja) bagi alat-alat berat termasuk drainage blanket.

Selama masa pelaksanaan pemasangan vertikal drain tersebut, pekerjaan pengawasan harus segera dilakukan, khususnya kontrol terhadap kualitas dan kuantitas pemasangan vertikal drain.

BAB III

KONDISI LAPANGAN DAN DATA TANAH

3.1. UMUM

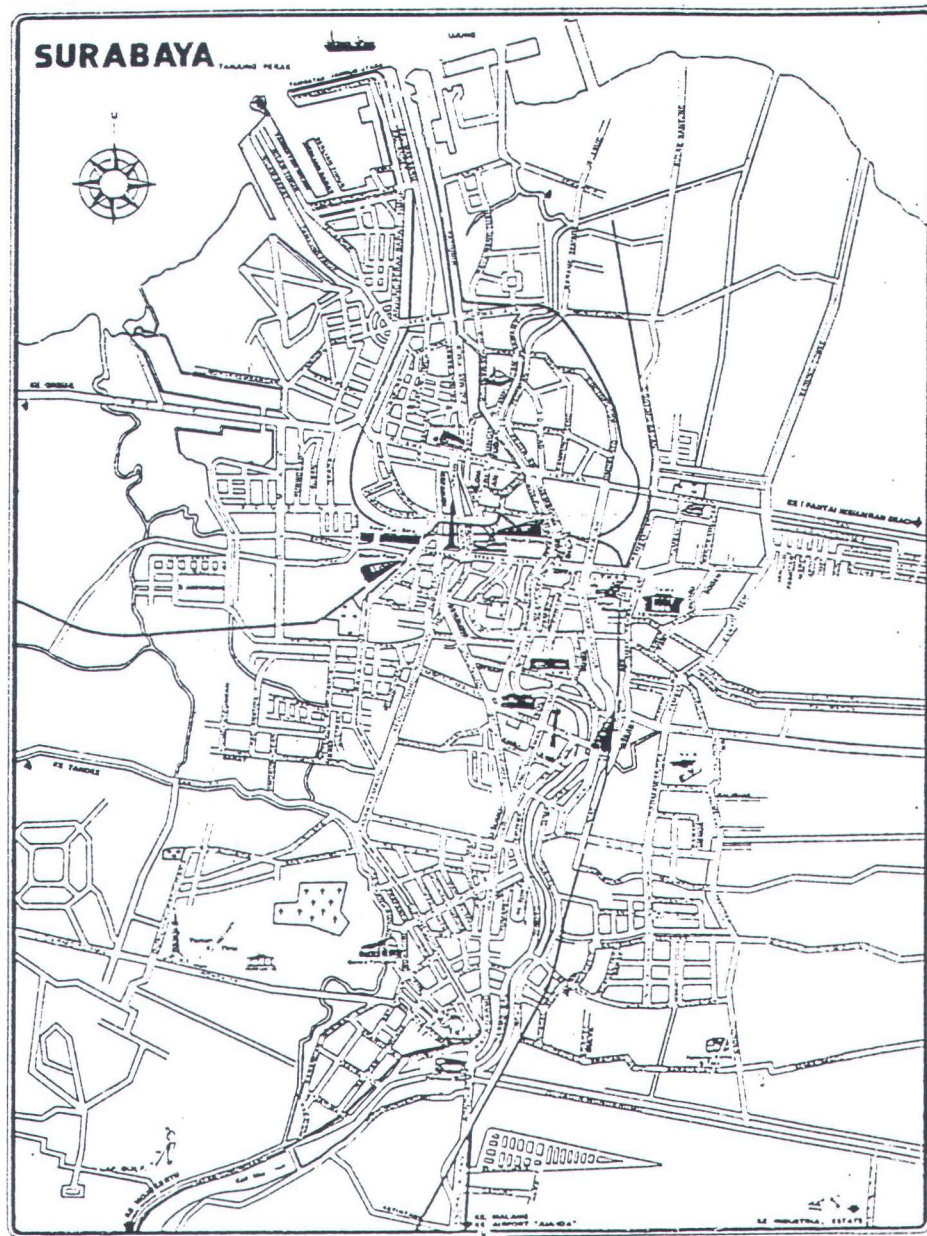
Preloading dan vertikal drain digunakan untuk memperbaiki kondisi tanah dasar. Prinsip dari metode perbaikan tanah ini ialah menghilangkan settlement reklamasi akibat beban rencana. Reklamasi adalah suatu usaha pemanfaatan lahan dengan cara menguruk laut atau rawa dengan pasir yang diperoleh dari laut dan sekitarnya. Luas area reklamasi untuk obyek tugas akhir ini kurang lebih 160 ha dengan elevasi permukaan tanah dasar +2,20 m dihitung dari LWS. Area reklamasi tersebut dibagi menjadi 2 (dua) sektor:

- ♦ Sektor 1
- ♦ Sektor 2

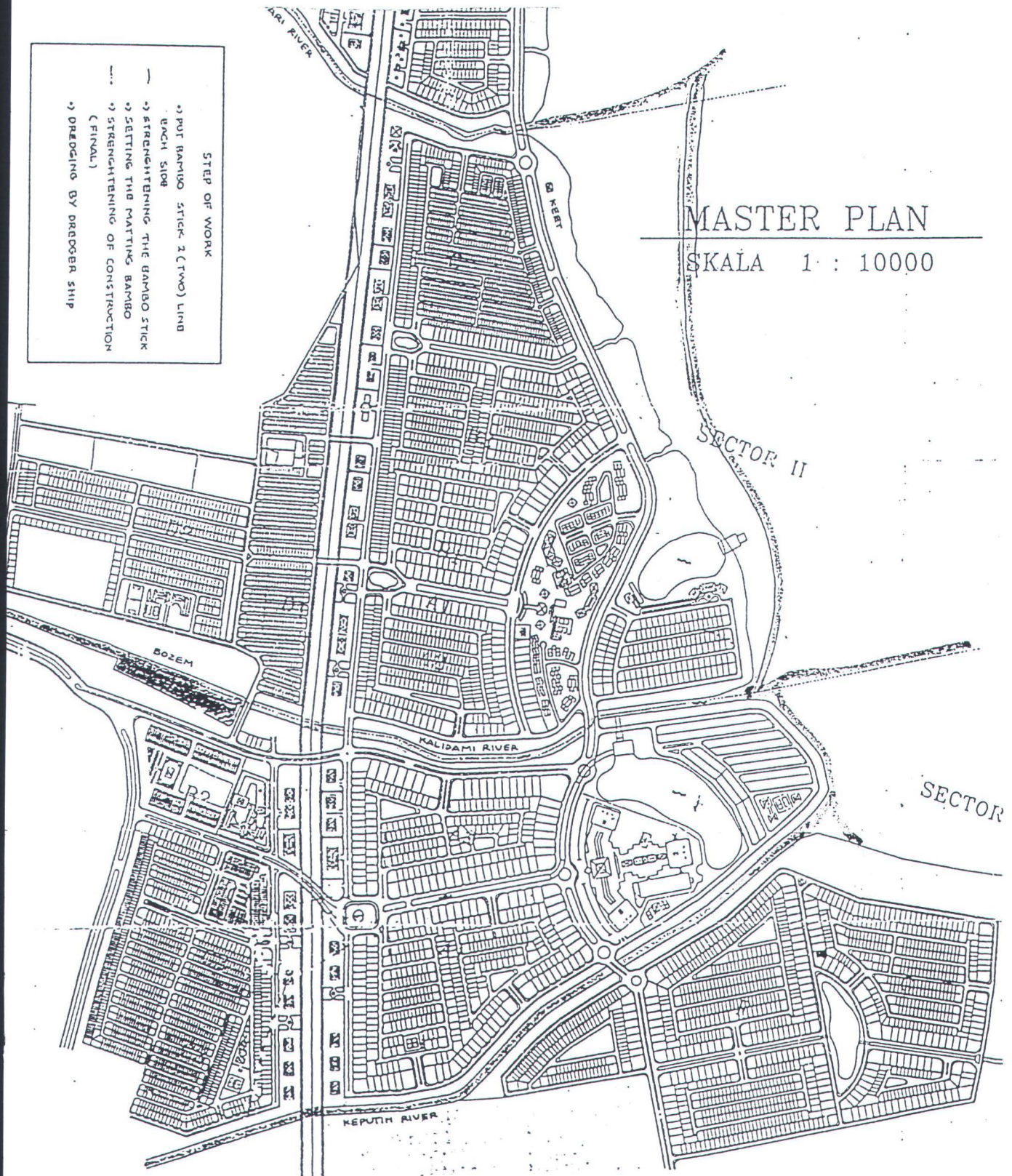
Pemanfaatan lahan reklamasi ini yang utama adalah untuk pengembangan pemukiman menengah ke atas, disamping juga untuk pusat perkantoran, usaha, olah-raga, rekreasi dan sebagainya.

Sebelum pekerjaan reklamasi dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan penyelidikan tanah (soil investigation). PT. Pakuwon Jati, sebagai pemilik proyek telah menunjuk PT. Testana Engineering, Inc untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Lokasi penyelidikan tanah bertempat di Kejawan Putih Tambak dan Kalisari, Surabaya Timur.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Peta Surabaya dan lokasi proyek.



Gambar 3.2. Sektor 1 dan sektor 2 (Testana, 1995)

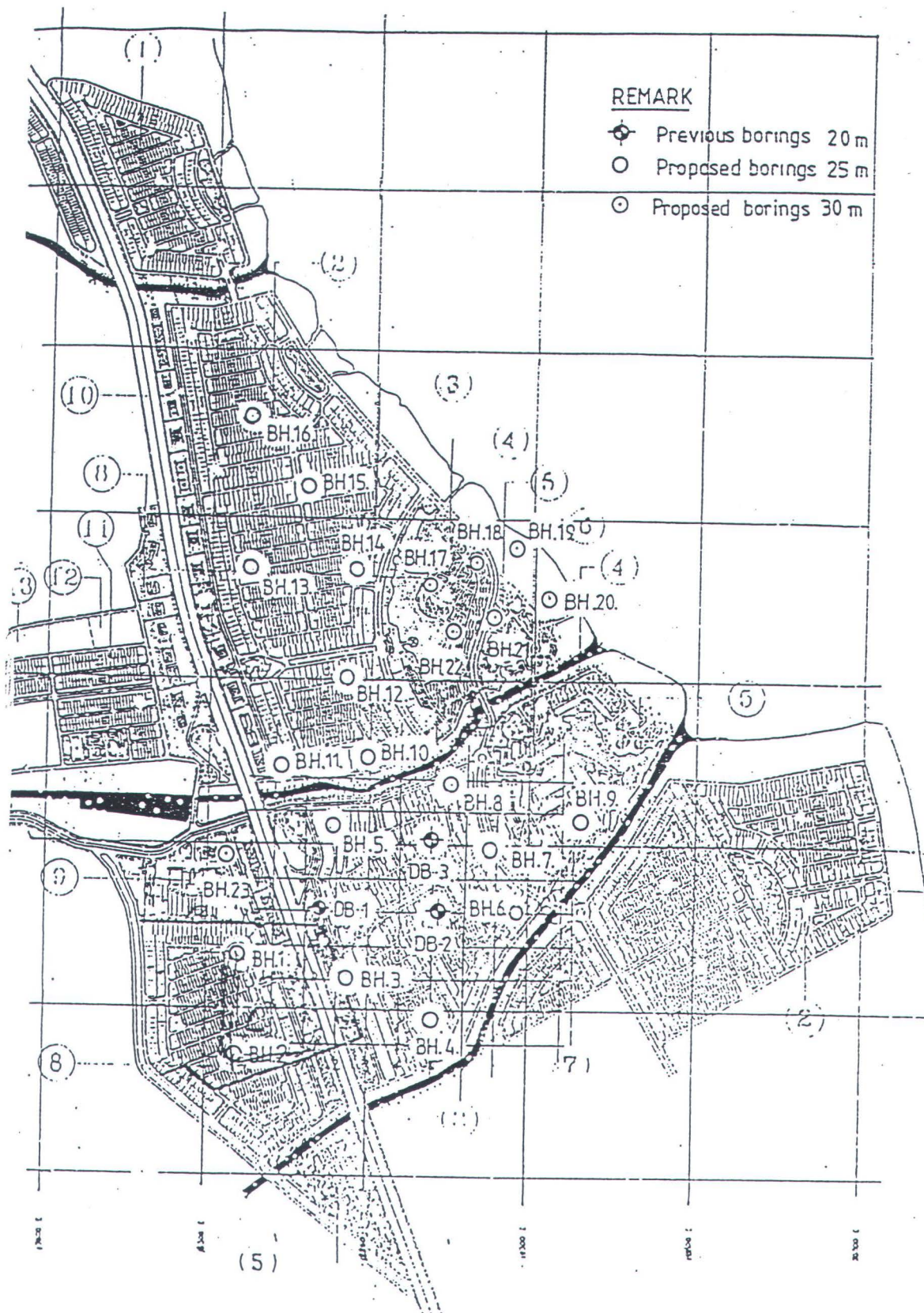
3.2. DATA TEKNIK PENYELIDIKAN LAPANGAN

Karakteristik dan sifat-sifat umum tanah di lokasi yang bersangkutan dapat diketahui melalui penyelidikan (eksplorasi) di lapangan dan di laboratorium. Pada umumnya kegiatan eksplorasi mencakup tujuan sebagai berikut:

- ♦ Untuk menentukan kondisi alamiah dan lapisan-lapisan tanah di lokasi yang ditinjau.
- ♦ Untuk mendapatkan sampel tanah asli (undisturbed) dan tidak asli (disturbed), dengan maksud untuk mencari jati diri (mengidentifikasi) tanah tersebut secara visual dan melakukan pengujian laboratorium yang diperlukan.
- ♦ Untuk menentukan kedalaman tanah keras, bila memang memungkinkan dijumpai sampai kedalaman maksimum yang dirasa perlu.
- ♦ Untuk melakukan uji lapangan (in situ field test) seperti uji rembesan, uji geser vane dan uji penetrasi standar.
- ♦ Untuk mengamati kondisi pengaliran air (tanah) ke dan dari lokasi tanah tersebut.
- ♦ Untuk mempelajari kemungkinan timbulnya masalah khusus perilaku bangunan yang sudah ada di sekitar lokasi tersebut.

Data tanah yang digunakan dalam tugas akhir ini didapatkan dari Testana Engineering, Inc melalui PT. Pakuwon Jati sebagai pemilik proyek.





Gambar 3.3. Lokasi Titik Bor (Testana, 1995).

Dalam penyelidikan lapangan digunakan beberapa metode, seperti:

1. Pengeboran
2. Sumur-sumur percobaan
3. Pengambilan contoh tanah
4. Percobaan penetrasi
5. Percobaan geser setempat dengan bor baling-baling (vane shear test).

Pada studi kasus ini penyelidikan lapangan dilakukan dengan melakukan pengeboran tanah dalam sebanyak 23 titik dengan SPT dan undisturb sampling, yang berlangsung dari tanggal 29 Mei sampai 10 Juli 1995.

3.2.1. Pengeboran

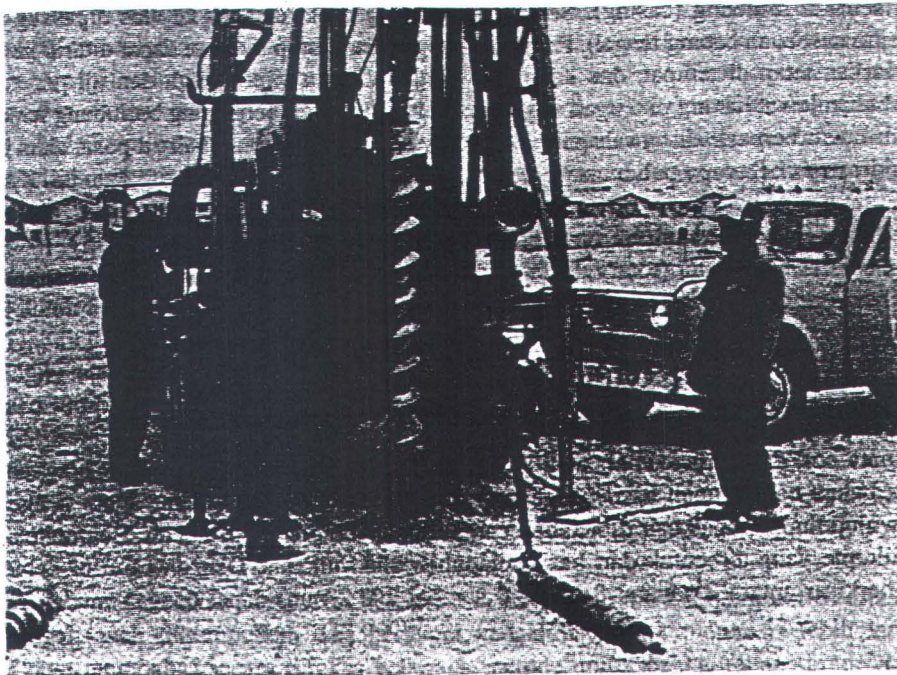
Ada beberapa metode untuk melaksanakan uji pengeboran di lapangan. Salah satu cara yang paling sederhana adalah dengan menggunakan *auger*. Pada gambar 3.4 ditunjukkan dua tipe *auger* tangan yang dapat kita gunakan untuk membuat lubang bor sampai kedalaman antara 10-15 ft (=3-5 m).

Kedua alat tersebut dapat digunakan untuk pekerjaan eksplorasi tanah untuk jalan raya dan bangunan kecil. Informasi tentang tipe tanah yang ada pada berbagai kedalaman, dapat diperoleh dengan melihat langsung jenis tanah yang tertinggal sepanjang *auger* tersebut. Sampel tanah yang kita peroleh dengan cara ini adalah tidak asli (*disturbed*), tetapi sampel-sampel tersebut dapat kita gunakan dalam uji seperti analisa butiran dan batas-batas Atterberg.

Tabel 3.1. Diameter auger gagang berlubang.

Diameter dalam		Diameter luar	
(inch)	(mm)	(inch)	(mm)
2,5	63,5	6,25	158,75
2,75	69,85	7	177,8
3	76,2	8	203,2
3,5	88,9	9	228,6
4	101,6	10	254

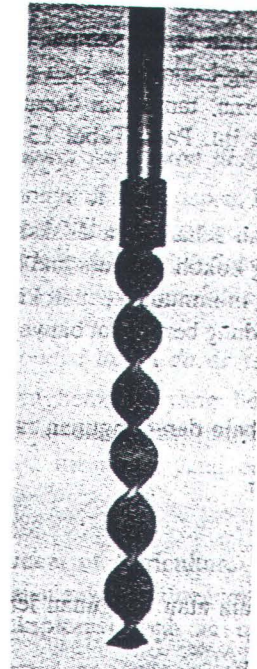
Auger berulir ini mampu membawa tanah yang lepas dari dasar lubang bor ke permukaan tanah. Operator dapat mendeteksi adanya perubahan jenis tanah ini, yaitu dari perubahan kecepatan dan suara pada saat pengeboran. Gambar 3.5 menunjukkan kegiatan pengeboran dengan auger berulir.



Gambar 3.5. Pengeboran tanah dengan auger berulir (dari Danny R. Anderson, El Paso, Texas, 1972)



(a) Auger Iwan

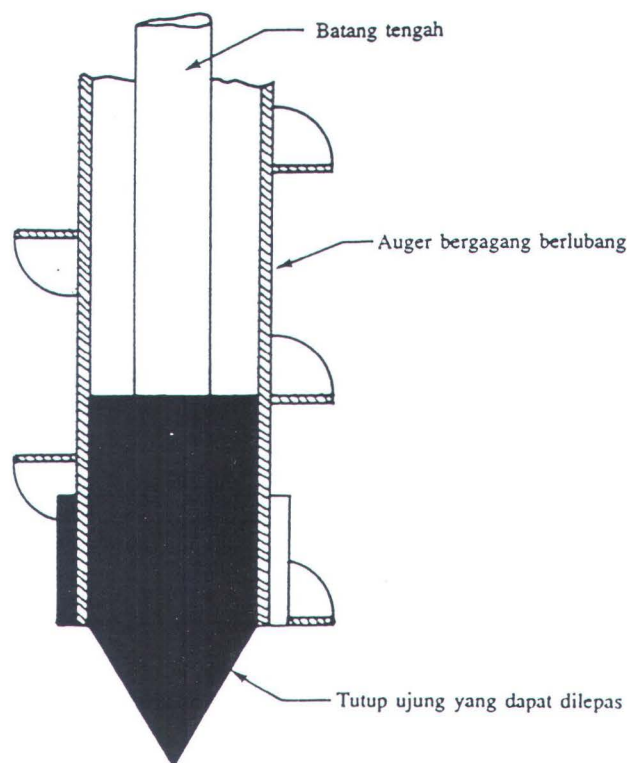


(b) Auger kapal

Gambar 3.4. Auger tanah (Das, 1984)

Bila lubang bor hendak diteruskan lebih dalam lagi, maka metode yang paling sering digunakan ialah dengan auger berulir menerus (continuous flight auger). Auger ini bertenaga mesin. Tenaga untuk mengebor dihasilkan oleh sebuah kerangka pengebor (drilling rig) yang ditumpangkan di atas traktor atau truk. Auger berulir menerus ini teredia di pasar dengan ukuran 3-5 ft (1-1,5 m). Pada saat melaksanakan pengeboran, bagian demi bagian dapat disambung dan lubang bor dengan sendirinya bertambah dalam. Auger berulir menerus ini dapat berupa alat bergagang solid atau pun bergagang berlubang. Yang umum dipakai untuk alat yang bergagang solid adalah yang berukuran diameter luar $2 \frac{5}{8}$ inch (66,68 mm), $3 \frac{1}{4}$ inch (82,55 mm), 4 inch (11,6 mm), dan $4 \frac{1}{2}$ inch (114,3 mm). Untuk alat yang bergagang berlubang, ukuran diameter luar dan dalam adalah sebagai berikut:

Bila kita menggunakan auger bergagang solid, auger ini harus dicabut ke atas secara berkala untuk mendapatkan sampel tanah dan juga untuk melakukan pengujian lain seperti uji penetrasi stanadr. Auger bergagang berlubang mempunyai keunggulan yang nyata, yaitu auger tersebut tidak harus sering dicabut untuk pengambilan sampel tanah atau pengujian lainnya. Seperti yang kita lihat pada gambar 3.6, bagian luar auger bertindak sebagai selubung (casing).



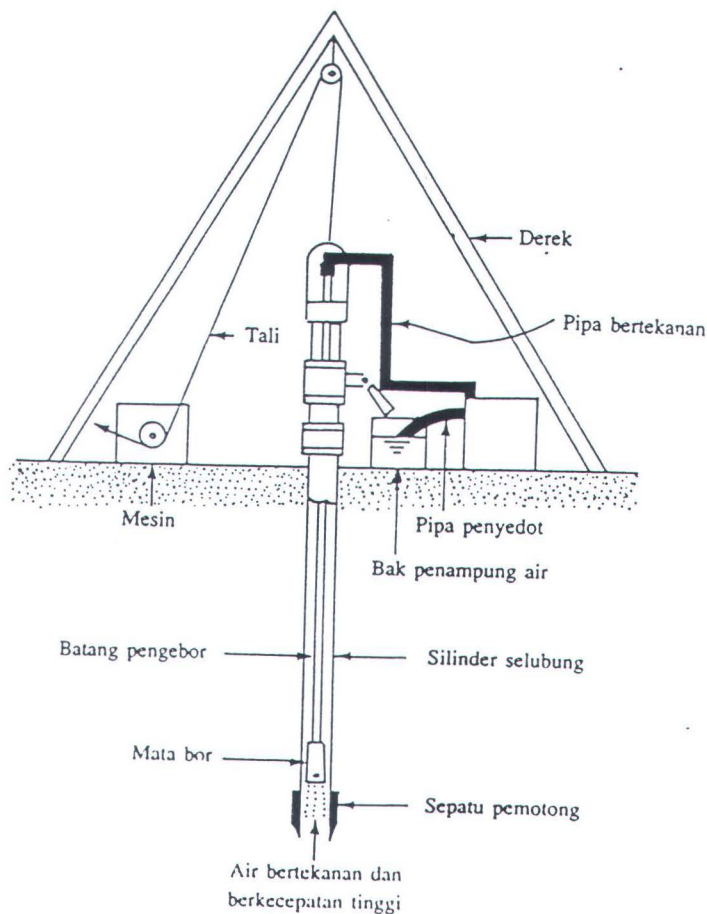
Gambar 3.6. Potongan auger gagang berlubang dengan tutup ujung yang dapat dilepas (Das, 1984).

Sebuah tutup yang dapat dicabut ke atas dipasang di dasar auger dengan bantuan sebuah batang tengah. Pada saat pengeboran, tutup tersebut dapat ditarik ke atas sedangkan auger dibiarkan tetap ditempat, dan kemudian pengambilan sampel

tanah dan uji penetrasi yang baku dapat dilakukan lewat lubang ditengah auger tersebut. Bila auger bergagang berlubang berlubang tersebut digunakan pada tanah-tanah berpasir di bawah permukaan air, ada kemungkinan bahwa pasir akan terdorong oleh tekanan hidrostatik beberapa puluh centimeter ke dalam lubang auger begitu saat ditutup diambil. Kalau kondisinya demikian, tutup tersebut tidak perlu digunakan, dan sebaliknya air di dalam lubang auger harus dijaga selalu lebih tinggi dari permukaan air tanah.

Pengeboran sistem putar (rotary drilling) ialah suatu cara pengeboran menggunakan mata bor (drilling bit) yang berputar cepat, yang dipasang pada ujung bawah batang bor, dan bekerja untuk memotong dan menghancurkan tanah disekitarnya dalam prosesnya membuat lubang bor lebih dalam lagi. Pada saat ini ada beberapa tipe mata bor yang tersedia untuk tujuan tersebut. Bor putar dapat digunakan di pasir lempung, atau batuan (kecuali kalau batuanannya sangat pecah-pecah). Air atau lumpur bantu pengeboran (drilling mud) dapat dipaksakan (ditahan) ke bawah melalui lubang tengah dan mengalir melalui celah diantara mata bor, dan pada saat air atau lumpur tadi kembali ke atas (lewat luar bor), air tersebut akan membawa bahan-bahan tanah hasil pengeboran tadi ke permukaan. Lumpur bantu pengeboran (drilling mud) berwujud lumpur agak cair dibuat dari campuran antara bentonit dan air. Bentonit adalah lempung yang terbentuk dari hasil pelapukan abu vulkanis. Dengan cara ini lubang bor dengan diameter berkisar antara 2 sampai 8 inch (50,8 sampai 203,2 mm) dapat dengan mudah dibuat.

Pengeboran sistem cuci (wash boring) adalah salah satu cara lain untuk mengebor tanah. Pada metode ini, silinder selubung baja (casing) dengan panjang kira-kira 6 sampai 10 ft (2 sampai 3 m) dimasukkan (ditumbuk/dipukul) ke dalam tanah. Tanah di dalam selubung tersebut kemudian dikeluarkan dengan bantuan "mata pengeruk" (shopping bit) yang dipasang di ujung batang bor. Kemudian air dipaksa masuk melewati batang bor, dan air tersebut mengalir dengan kecepatan tinggi melewati lubang diantara batang bor (gambar 3.7).



Gambar 3.7. Pengeboran sistem cuci (Das 1984).

Air ini bersama dengan partikel-partikel tanah hasil pengeboran, kemudian mengalir keluar permukaan tanah via lubang bor (antara selubung dengan batang

bor) dan tumpah di atas puncak selubung lewat sebuah sambungan T. Air "pencuci" ini dikumpulkan kembali dalam suatu bak. Selubung baja (casing) dapat disambung-sambung dengan selubung lainnya bila lubang bor bertambah dalam. Selubung tambahan tidak diperlukan jika lubang bor dapat tetap terbuka tanpa bantuan selubung (tanah di dinding lubang tidak ambrol ke dalam lubang). Pengeboran sistem tumbuk (percussion drilling) juga dapat kita gunakan untuk memperdalam lubang bor, terutama pada tanah-tanah yang keras dan batuan. Dengan cara ini, sebuah mata bor yang berat dan kokoh dapat ditumbukkan untuk menghancurkan tanah keras. Selubung baja mungkin juga diperlukan pada sistem pengeboran ini. Tanah yang sudah hancur kemudian dibasuh keluar lubang dengan cara pengaliran air (seperti pada pengeboran sistem cuci).

Untuk kasus ini dilaksanakan pengeboran dalam sebanyak 23 titik dengan menggunakan rotary drilling machine, YBM YSO-1, yang dilengkapi dengan pompa lumpur. Juga dipergunakan STCB (Single Tube Core Barrel) dengan diameter 73 mm. Contoh tanah dikumpulkan selama pengeboran secara bertahap ke dalam core box untuk studi lebih lanjut di laboratorium.

3.2.2. Percobaan Penetrasi

Dengan menekan atau memukul berbagai macam alat ke dalam tanah dan mengukur besarnya gaya atau jumlah pukulan yang diperlukan, kita dapat menentukan dalamnya berbagai lapisan tanah yang berbeda dan mendapatkan indikasi tentang kekuatannya. Penyelidikan semacam ini disebut percobaan penetrasi dan alat yang dipakai adalah penetrometer. Penetrometer terbagi atas dua macam:

- a. Penetrometer Statis.
- b. Penetrometer Dinamis.

a. Penetrometer Statis

Di Indonesia biasa dikenal sebagai alat sondir Belanda (Dutch penetrometer atau Dutch deepsounding apparatus) atau disebut juga percobaan penetrasi kerucut (Cone Penetration Test =CPT). Alat ini digunakan secara luas di Indonesia. Ada dua macam alat sondir yang umum dipakai, yaitu:

- 1. Sondir ringan dengan kapasitas = 2,50 ton
- 2. Sondir berat dengan kapasitas = 10,00 ton

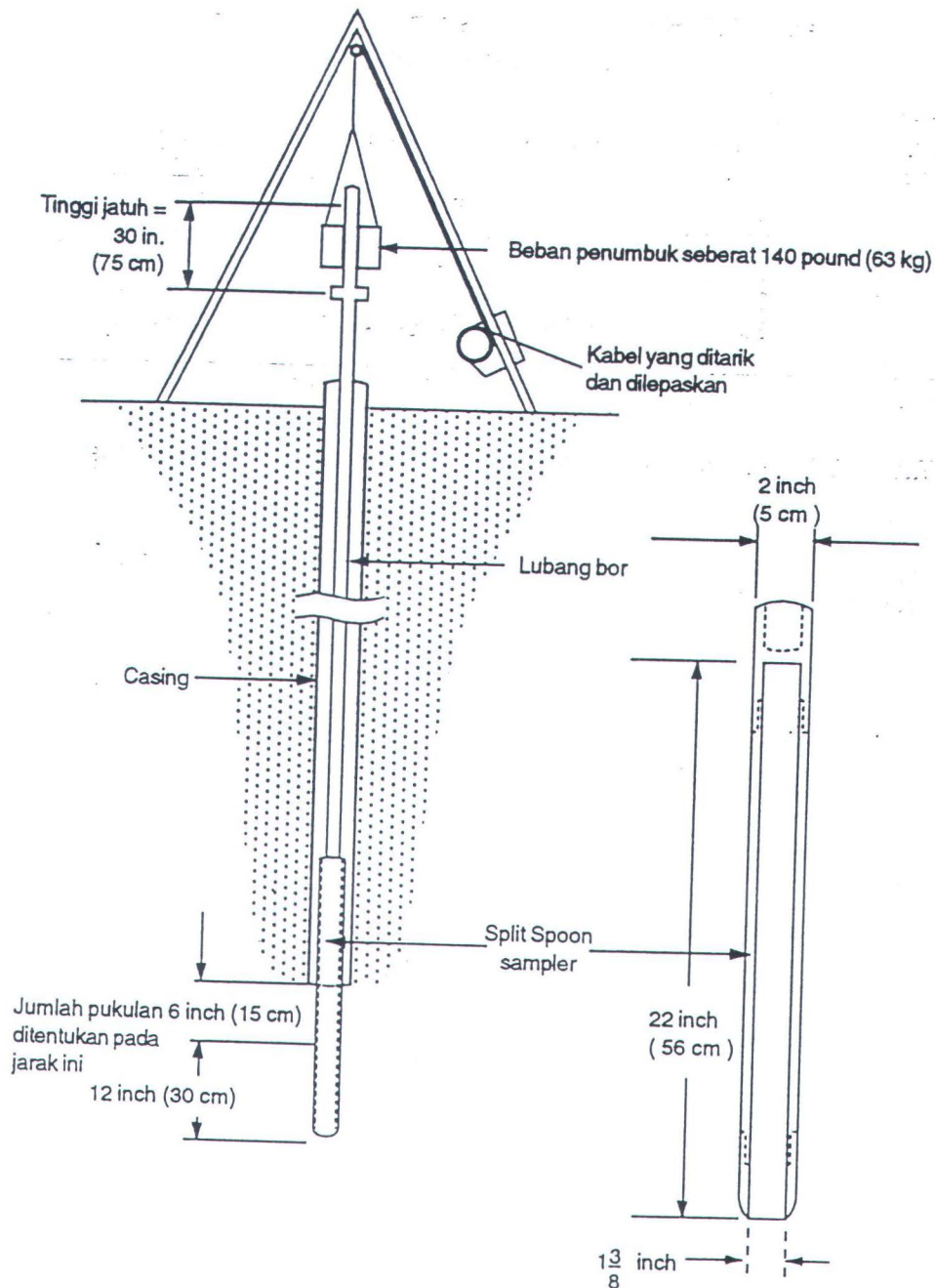
b. Penetrometer Dinamis

Penetrometer dinamis yang percobaannya disebut percobaan penetrasi baku (Standard Penetration Test = SPT) berasal dari Amerika Serikat. Peralatan yang digunakan seperti tampak dalam gambar 3.8.

Cara melakukan percobaan:

Tabung sendok pemisah (split spoon sampler) dimasukkan ke dalam tanah pada dasar lubang bor dengan memakai suatu beban penumbuk dengan berat 140 pounds (63 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30 inch (75 cm). Setelah sendok pemisah ini masuk ke dalam tanah sedalam 6 inch (15 cm) jumlah pukulan ditentukan untuk memasukkannya sedalam 12 inch (30 cm) berikutnya. Jumlah pukulan ini disebut nilai N (N value) atau number of blows, dengan satuan pukulan/kaki (blows per foot). Setelah percobaan selesai, sendok pemisah dikeluarkan dari lubang bor dan dibuka untuk mengambil tanah yang ada di

dalamnya. Tanah ini dapat digunakan untuk percobaan kadar air, batas-batas Atterberg dan analisis pembagian butiran.



Gambar 3.8. Alat percobaan penetrasi standar (Soil Test, 1980).

Hasil percobaan penetrasi standar ini hanya sebagai perkiraan yang kasar saja, karena bukan merupakan nilai-nilai yang berketelitian tinggi. Nilai N yang diperoleh dari percobaan penetrasi standar dapat dihubungkan dengan beberapa sifat lain tanah yang bersangkutan secara empiris, demikian juga halnya dengan percobaan sondir.

Untuk kasus ini pengujian dilaksanakan pada interval 2 m untuk lubang pengeboran BH-1 sampai BH-4 dan interval 1,5 m untuk lubang pengeboran BH-5 sampai BH-23. Nilai N dicatat sebagai blowscounts dari 140 lb tripped hammer otomatis, yang dijatuhkan dari ketinggian 30 inch kepada kepala ketuk.

3.2.3. Pengambilan Contoh Tanah

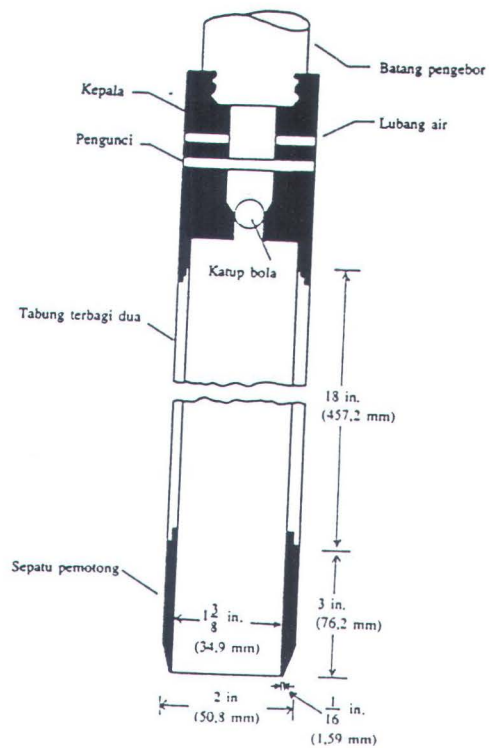
Sebelumnya perlu diketahui bahwa metode pengambilan tanah ada beberapa macam. Diantaranya adalah sebagai berikut.

Pengambilan Sampel Tanah dengan Alat Split Spoon Standard

(Tabung Bela-Dua-dua)

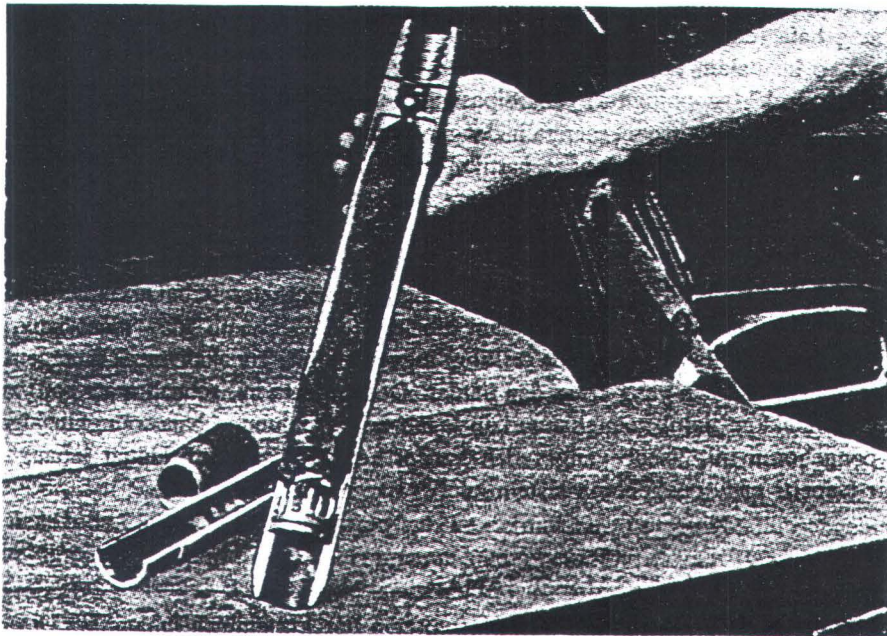
Pada gambar 3.9 ditunjukkan sebuah penampang (diagram) alat split spoon untuk mengambil sampel tanah.

Alat tersebut terdiri dari sebuah sepatu pemotong besi dibagian bawah, sebuah tabung baja (yang dapat terbelah dua secara memanjang) di tengah-tengah, dan sebuah penyambung dipuncaknya. Tabung baja yang di tengah mempunyai diameter dalam $1\frac{3}{8}$ inch (34,93 mm) diameter luar 2 inch (50,8 mm).



Gambar 3.9. Penampang sebuah alat split spoon standar (Das, 1984).

Pada gambar 3.10 ditunjukkan potret dari berbagai komponen sebuah alat split spoon yang telah dibongkar.



Gambar 3.10. Alat sampler split spoon standar yang dibongkar (dari Soil Test, Inc. Evanston, Illionois, 1967)

Bila lubang bor telah mencapai kedalaman yang diinginkan, alat bor diangkat ke atas. Alat pengambil sampel tanah (sampler) split spoon kemudian dipasang ke ujung batang pengebor dan diturunkan kembali ke dasar lubang bor. Alat sampler tersebut kemudian dipaksa menembus tanah di dasar lubang bor dengan cara dipukul sistem penumbuk. Penumbukan dilakukan pada puncak batang bor. Biasanya palu penumbuk mempunyai berat 140 lb (622,72 N). Pada setiap pukulan, palu penumbuk dijatuhkan dari ketinggian 30 inch (0,762 m).

Disamping itu kita harus mencatat jumlah pukulan yang diperlukan untuk menancapkan alat sampler setiap interval 6 inch (152,4 mm) dan pencatatan dilakukan sebanyak tiga kali untuk tiga kali interval 6 inch. Harga-harga yang didapat untuk pencatatan dua interval 6 inch (152,4 mm) yang terakhir, kemudian dijumlahkan dan harga jumlah tersebut disebut sebagai angka penetrasi baku, N (dari lapisan tanah tersebut). Setelah penumbukan mencapai 18 inch (3 x 6 inch), alat sampler tersebut dicabut dan kemudian sepatu besi dan penyambung dilepas. Sampel tanah yang tertangkap di dalam tabung split spoon kemudian diambil dan dimasukkan ke dalam tabung gelas untuk pemeriksaan lebih lanjut di laboratorium.

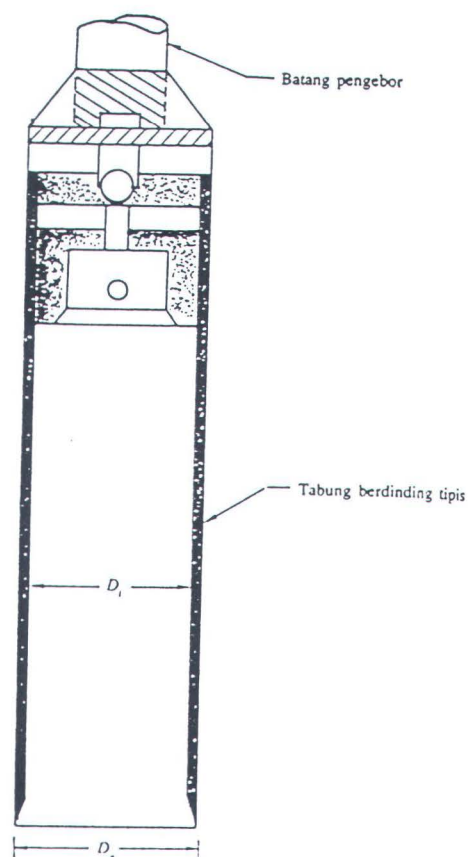
Pengambilan angka penetrasi baku dan pengambilan sampel tanah dengan split spoon biasanya dilakukan setiap selang kedalaman 5 ft (1,5 m).

Pengambilan Sampel Tanah dengan Tabung Berdinding Tipis

Cara ini dilakukan untuk mendapatkan sampel tanah yang lebih asli (lebih menyerupai kondisi aslinya di lapangan dan tidak banyak kerusakan oleh metode

sampling tanah). Tabung berdinding tipis terbuat dari tabung tipis tanpa sambungan yang biasanya disebut sebagai *shelby tube* (gambar 3.11).

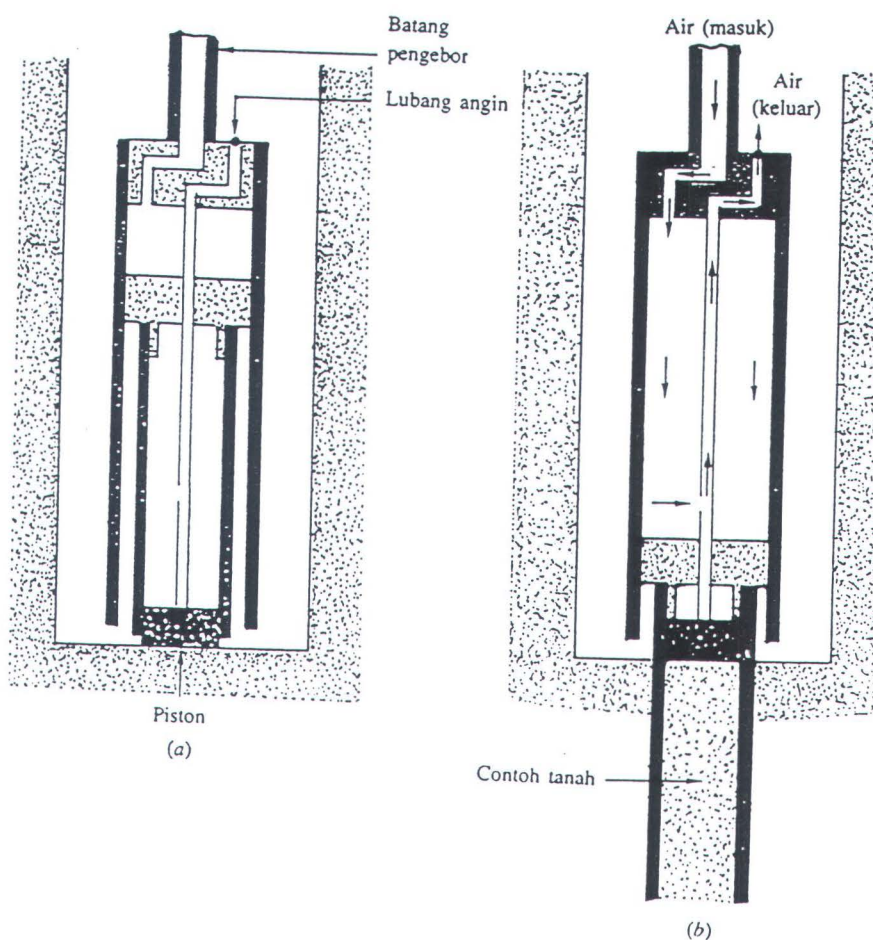
Untuk mengambil sampel tanah pada suatu kedalaman lubang bor, alat pengebor harus lebih dahulu ditarik keluar lubang. Kemudian tabung sampler berdinding tipis tersebut disambungkan pada ujung-ujung batang pengebor dan kemudian diturunkan ke dasar lubang bor. Setelah itu, secara hidrolis batang ditekan masuk ke dalam tanah dan kemudian ditarik ke atas lagi. Tabung sampler dengan tanah "tertangkap" di dalamnya, kemudian ditutup rapat dan dibawa ke laboratorium untuk diuji. Tabung sampling berdinding tipis yang paling umum digunakan ialah yang mempunyai diameter luar 2 inch (50,8 mm) dan 3 inch (76,2 mm).



Gambar 3.11. Alat pengambil contoh tanah (sampler) berdinding tipis (Das, 1984).

Pengambilan Sampel Tanah dengan Alat Piston

Alat pengambil sampel berbentuk piston sangat berguna terutama bila kita memerlukan sampel tanah yang sempurna dan mempunyai tingkat keaslian yang tinggi (highly undisturbed). Biaya pengambilan sampel tanah dengan cara ini tentunya lebih mahal.



Gambar 3.12. Alat pengambil contoh tanah (sampelr) berbentuk piston: (a) Alat sampler diturunkan ke dasar lubang bor; (b) Tekanan udara keluar melewati lubang pada batang piston.

Ada beberapa tipe alat pengambil sampel berbentuk piston, tetapi bentuk yang dibuat oleh Osterberg (1952) adalah yang paling menguntungkan (lihat gambar 3.12 a dan 3.12.b). Bentuk Osterberg tersebut terdiri dari sebuah tabung berdinding tipis dilengkapi dengan piston. Mulanya piston berada pada posisi terbawah dan tabung tipis tertutup ujungnya oleh piston tersebut. Alat tadi diturunkan ke dasar lubang bor (gambar 3.11.a) dan kemudian tabung berdinding tipis ditekan secara hidrolis ke dalam tanah, sedangkan piston tetap di tempat. Tekanan udara dalam tabung "dibuang" melalui sebuah lubang pada batang piston (gambar 3.12.b).

Kegunaan piston ini untuk mencegah distorsi dari sampel tanah, dan untuk menghindarkan pemampatan tanah yang berlebihan di dalam piston atau menghindari adanya tanah yang kelebihan. Sampel tanah yang didapat dengan cara ini kondisinya selalu lebih asli dibanding dengan yang diambil dengan Shelby tube.

Contoh tanah tak terganggu (undisturb sampling) untuk kasus tugas akhir ini diambil dengan tabung berdinding tipis dengan diameter dalam 70 mm dan diameter luar 73 mm (perbandingan luasnya kurang dari 10 persen), dan panjang 700 mm.

3.3. KARAKTERISTIK BAWAH TANAH

3.3.1. Penjelasan Umum Susunan Lapisan Tanah.

Pada prinsipnya dari 23 (duapuluh tiga) lubang pengeboran menghasilkan data yang secara umum hampir sama. Lapisan permukaan

didominasi oleh lempung sangat lunak (*very soft clay*), berwarna abu-abu, dengan nilai SPT berkisar dari 1/45 sampai 7. Pada beberapa lubang pengeboran (*boreholes*), lapisan di bawahnya terdapat pasir tipis, juga berwarna abu-abu. Dalam lubang bor BH-16, pasir masih terdapat sampai ketebalan kurang lebih 10 m. Lapisan pasir dibawahnya terdapat lapisan lempung atau lanau dan pasir, berwarna abu-abu, berbeda-beda ketebalan dan kandungannya.

Di bawah lapisan-lapisan tersebut di atas, pasir berlanau atau lanau berpasir, berwarna coklat, menengah sampai tebal, terdapat di dasar lubang bor. Nilai SPT-nya berkisar dari 6 sampai 42. Sebuah perkecualian ditemukan pada lubang bor BH-6, di mana pada kedalaman 25 m lapisan lempung terlihat sangat dominan pada strata ini.

Pada lapisan permukaan, lempung sangat lunak terdapat sampai kedalaman 20,5 m, yang dibawahnya terdapat lapisan material lempung sangat keras sampai ujung pengeboran pada 25 m.

3.3.2. Data Teknik Penyelidikan Laboratorium

Pengujian di laborototium meliputi penentuan UU dan CU kuat geser, indeks properties, *atterberg limits*, *grain size distribution*, kompresibilitas, dan permeabilitas. Pengujian laboratorium menghasilkan data-data yang mendasar untuk menjelaskan *engineering properties* dari tanah.

Pengujian di laboratorium dimaksudkan untuk mengumpulkan parameter-parameter geoteknik dan sifat-sifat fisik tanah sebaik-baiknya untuk mengklasifikasikannya. Karakteristik tanah termasuk adalah indeks properties,

shear strength, kompresibilitas, konsolidasi, pemadatan dan nilai CBR (California Bearing Ratio).

3.3.2.1. Indeks Propertis.

Indeks propertis didapat melalui pengujian kadar kelembaban, unit weight, spesifik gravity, atterberg limit, dan grain size distribution.

Pada lokasi ini keberadaan lapisan lempung sangat lunak secara umum memiliki kandungan air yang tinggi berkisar antara 65 sampai 148 %. Liquid Limit (batas cair) adalah 80 sampai 154%, sedangkan plastic limit (batas plastis) adalah 29 sampai 50%. Menurut USCS, tanah diklasifikasikan sebagai lempung plastisitas tinggi (CH). Di bawah lapisan ini, lapisan lanau berpasir terdapat sampai ujung pengeboran. Lapisan ini mempunyai kadar air berkisar dari 21 sampai 56%, dengan liquid limit antara 22 sampai 73% dengan plastic limit 18 sampai 41%.

Hasil dari pengujian atterberg limit (liquid dan plastic limit) di laboratorium memberi informasi kepada kita bahwa indeks plastisitas bernilai antara 39 sampai 104, sebuah indikasi bahwa lapisan lempung mempunyai potensi perubahan volume yang besar.

Spesifik gravity dan lapisan tanah keseluruhan adalah antara 2.58 sampai 2.73, sebuah pertanda bahwa lapisan tanah tersusun dari material inorganic.

3.3.2.1.1. Moisture Content

Pengujian moisture content untuk mengukur kadar kelembaban tanah. Menentukan kadar kelembaban adalah pengujian laboratorium rutin untuk

menjelaskan persentase kandungan air dalam jumlah tertentu dan juga berat keringnya.

Untuk paramater-parameter lain yang dibutuhkan untuk perhitungan settlement dapat dicari dengan rumus-rumus di bawah ini (Terzaghi, 1987):

$$e = \frac{(1+w_c)G_s}{\gamma_s} - 1$$

Untuk kondisi tanah jenuh air ini, maka berat volume tanah yang jenuh ini (γ_{sat})

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e) \gamma_w}{1 + e}$$

Tabel 3.2. Hasil test volumetri-Gravimetri

Kedalaman	w _c (%)	γ_{sat} (t/m ³)	e
0-3	99	1.44	2.75
3-9	89	1.48	2.41
9-12	70	1.56	1.97
12-15	52	1.66	1.5
15-18	48	1.73	1.25

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995.

3.3.2.1.2. Unit Weight

Unit weight atau densitas massa tanah didefinisikan sebagai perbandingan berat tiap satuan volume.

Tabel 3.3. Berat volume tiap-tiap lapisan tanah

Kedalaman	γ_t (t/m ³)
0-3	1,41
3-9	1,46
9-12	1,5
12-15	1,66
15-18	1,74

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995.

3.3.2.1.3. Specific Gravity

Specific gravity dari tanah dapat ditentukan sebagai berat partikel tanah dibagi berat air pada 4°C (Testana, 1995). Nilai specific gravity digunakan untuk menghitung void ratio tanah dan menurunkan parameter tanah lain yang berhubungan.

Tabel 3.4. Spesific Gravity tiap-tiap lapisan tanah

Kedalaman	Gs
0-3	2,65
3-9	2,65
9-12	2,65
12-15	2,65
15-18	2,65

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995.

3.3.2.1.4. Atterberg Limit

Pengujian ini menjelaskan plastisitas tanah kohesif. Dua dari atterberg limits, sebagai contoh adalah batas likuid dan plastis dikenal dalam praktek rekayasa, terutama untuk identifikasi tanah dan klasifikasi.

Tabel 3.5. Liquid Limit dan Plastic Limit

Kedalaman	LL (%)	PL (%)
0-3	107	38
3-9	107	38
9-12	96	35
12-15	96	35
15-18	82	33

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995.

3.3.2.1.5. Grain Size Distribution

Pengujian ini memegang peranan yang penting dalam klasifikasi tanah. Untuk tanah berbutir kasar, prosedur yang digunakan adalah metode mekanik, di

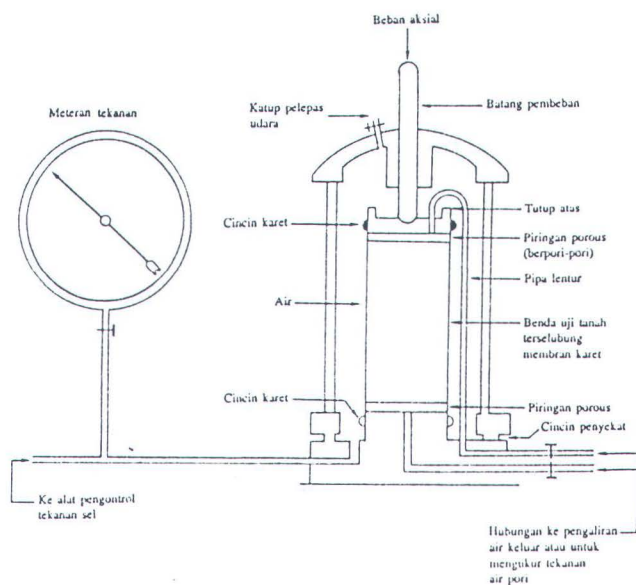
mana jumlah signifikan tanah yang lolos saringan No. 200, dilaksanakan uji hidrometer. Mula-mula contoh tanah dikeringkan lebih dahulu, kemudian semua gumpalan-gumpalan dipecah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil lalu baru diayak dalam percobaan laboratorium. Setelah cukup waktu untuk mengayak dengan cara getaran, massa tanah yang tertahan pada setiap ayakan ditimbang. (Terdiri dari ayakan No. 4 sampai dengan No. 270). Untuk menganalisis kohesif, barangkali agak sukar untuk memecah gumpalan-gumpalan tanahnya menjadi partikel-partikel lepas yang berdiri sendiri. Untuk itu, tanah tersebut perlu dicampur dengan air sampai menjadi lumpur encer dan kemudian dibasuh seluruhnya melewati ayakan-ayakan tersebut. Bagian padat yang tertahan pada setiap ayakan dikumpulkan sendiri-sendiri. Kemudian masing-masing ayakan beserta massa tanahnya dikerongkan dalam oven, kemudian berat tanah keringnya tersebut ditimbang.

3.3.2.2. Strength Test

Tes dilakukan untuk mengukur kuat geser tanah dengan menggunakan triaksial dan vane shear test, yang dipilih dengan mempertimbangkan kondisi tanah dibawah pembeban tertentu. Jenis pengujiannya adalah Unconsolidated Undrained (UU), di mana geser terbentuk tanpa memampatkan tanah di bawah beban normal. Uji Consolidated Undrained (CU test) juga dilakukan, khususnya untuk mengevaluasi kondisi jangka panjang tanah lapisan bawah setelah konsolidasi.

Uji Geser Triaksial

Uji geser triaksial digunakan untuk menentukan parameter tegangan geser. Gambar 3.12 adalah skema alat uji ini. Sampel tanah yang digunakan kira-kira berdiameter 1,5 inch (38,1 mm) dan panjang 3 inch (76,2 mm). Sampel tanah tersebut ditutup dengan membran karet yang tipis dan diletakkan di dalam sebuah bejana silinder dari bahan plastik (atau juga gelas) yang kemudian bejana tersebut diisi dengan air atau larutan gliserin.



Gambar 3.13. Skema Alat Triaksial (dari Bishop dan Bjerrum, 1960)

Di dalam bejana, benda uji tersebut akan mendapat tekanan hidrostatik. (catatan: untuk media penekan dapat juga digunakan udara). Untuk menyebabkan terjadinya keruntuhan geser pada benda uji, tegangan aksial

diberikan melalui suatu piston vertikal (tegangan ini biasanya juga disebut tegangan deviator). Pembebanan arah vertikal dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Dengan memberikan beban mati yang berangsur-angsur ditambah (penambahan setiap saat sama) sampai benda uji runtuh (deformasi arah aksial akibat pembebanan diukur dengan arloji ukur/dial gage).
2. Dengan memberikan deformasi arah aksial (vertikal) dengan kecepatan deformasi yang tetap dengan bantuan gigi-gigi mesin atau pembebanan hidrolis. Cara ini disebut juga sebagai uji regangan terkendali.

Beban aksial yang diberikan diukur dengan bantuan sebuah proving ring (lingkaran pengukur beban) yang berhubungan dengan piston vertikal.

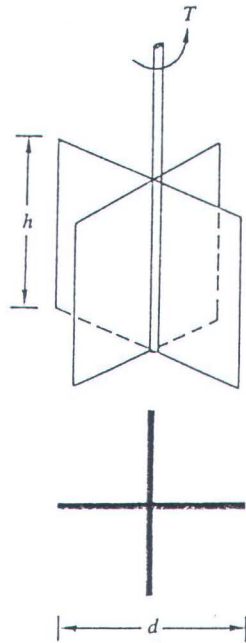
Juga alat ini dilengkapi dengan pipa-pipa untuk mengalirkan air ke dan dari dalam sampel tanah di mana pipa-pipa tersebut juga berguna sebagai saranapengukur tegangan pori (pada kondisi uji). Ada tiga tipe standar dari uji triaksial yang biasanya dilakukan:

1. Consolidated-drained test atau drained test (CD test).
2. Consolidated-Undrained (CU test).
3. Unconsolidated-Undrained test atau undrained test (UU test).

Vane Shear Test

Hasil yang agak dapat diandalkan untuk kohesi tanah kondisi air termampatkan (undrained) C_u ($\phi=0$) dari tanah-tanah sangat plastis bisa diperoleh dari uji geser vane. Alat vane shear test biasanya terdiri dari empat plat baja tipis dengan ukuran sama dilaskan ke sebuah batang putar (gambar 3. 14). Uji geser

vane dapat dilakukan di laboratorium atau langsung di lapangan pada waktu penyelidikan tanah.



Gambar 3.14. Prinsip alat geser vane



Gambar. 3.15. Penentuan kuat geser tanah kondisi undrained dengan alat vane shear laboratorium (dari Soil Test, Inc., Illinois, 1980).

Alat vane shear di laboratorium mempunyai dimensi diameter 0,5 inch (12,7 mm) dan tinggi 1,0 inch (25,4 mm). Gambar 3.13 menunjukkan foto dari penentuan C_u di laboratorium dengan menggunakan alat vane shear. Alat vane shear lapangan mempunyai dimensi lebih besar dan menurut U.S. Bureau of Reclamation digunakan sebagai berikut.

Tabel 3.6. Dimensi alat vane shear

Diameter		Tinggi	
inch	mm	inch	mm
2	50,8	4	101,6
3	76,2	6	152,4
4	101,6	8	203,2

Pada umumnya kekuatan geser undrained dari tanah sangat bervariasi di lapangan dengan kedalaman tanahnya, uji geser vane sangat berguna dalam waktu singkat kita dapat menentukan pola perubahan harga C_u tanah menurut kedalaman. Tetapi bila deposit lempung tersebut pada tempat tertentu kurang lebih seragam sifatnya dari beberapa uji triaksial kondisi uncolidated-undrained pada sampel tanah asli dapat diperkirakan parameter-parameter tanah untuk perencanaan.

Kuat geser adalah parameter penting yang digunakan dalam menghitung daya dukung (bearing capacity) dan/atau mengevaluasi stabilitas kemiringan. Pengujian dilaksanakan termasuk UU test (vane shear dan triaxial test), digunakan untuk mengevaluasi jangka pendek dari tanah dibawah pembebanan, sedangkan CU test dimaksudkan untuk analisis jangka panjang.

Tabel 3.7. Kuat geser tiap-tiap lapisan

Kedalaman	Cu
0-3	1
3-9	0,9
9-12	1,5
12-15	1,6
15-18	1,6

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995

Berdasarkan pada triaxial dan vane shear test (UU test), lempung lunak mempunyai kohesi rata-rata 0,02 sampai 0,60 kg/cm² dan sudut gesek praktis 0°. Consolidate Undrained (CU) test dari triaxial memberikan nilai kohesi dari 0,02 sampai 0,4 kg/cm² dan sudut gesek dari 8,6° sampai 30,5°.

3.3.2.3. Uji Konsolidasi dan Karakteristik Kompresibilitas

Pengujian ini berguna sekali khususnya dalam menentukan laju dan besarnya konsolidasi dari tanah kohesif ketika menerima beban lateral dan vertikal.

Pengujian konsolidasi laboratorium memberikan hubungan rasio angka pori terhadap log pressure (e-log p), yang secara lebih jauh menjelaskan kompresibilitas dari lempung.

Pada lapisan lebih atas, lapisan lempung sangat lunak sampai dengan lunak adalah kompresibel dengan indeks kompresibilitas (C_c) dari 0,54 sampai 1,46. Sedangkan indeks kembang (C_e) adalah 0,06 sampai 0,24. Untuk lapisan lempung berpasir dan lempung keras adalah kurang kompresibel.

Berdasarkan data laboratorium, C_v memiliki nilai 4,51E-04 cm²/sec dan C_h 9,02E-04 cm²/sec. C_h diasumsikan 2 (dua) kali nilai C_v , berdasarkan nilai K_h terhadap K_v .

Tabel 3.8. Indeks kompresibilitas

Kedalaman	Cc
0-3	0.99
3-9	0.96
9-12	0.87
12-15	0.87
15-18	0.87

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995

Harga indeks mengembang adalah lebih kecil dari pada indeks pemampatan dan biasanya ditentukan dilaboratorium. Pada umumnya $C_e \frac{1}{5}$ sampai dengan $\frac{1}{10} C_c$.

Tabel 3.9. Indeks Kembang

Kedalaman	Cs
0-3	0.19
3-9	0.15
9-12	0.13
12-15	0.13
15-18	0.13

Sumber: Testana Engineering, Inc., 1995

3.3.2.4. Permeability Test

Tes ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan tanah melewatkan air, dilaksanakan dalam arah horisontal dan vertikal. Dari sini dihasilkan data-data koefisien permeabilitas.

Pengujian permeabilitas memberikan koefisien permeabilitas vertikal rata-rata (K_v) sebesar $7,8 \times 10^{-7}$ sampai $1,3 \times 10^{-6}$ cm/sec dan koefisien permeabilitas horisontal (K_h) sebesar $9,6 \times 10^{-7}$ hingga $1,1 \times 10^{-6}$ cm/sec. Ini berarti bahwa lapisan lempung tidak mudah melewatkan air.

3.3.2.5. Uji Pemadatan dan CBR untuk Material Reklamasi.

Tes pemadatan dilakukan terhadap material urukan yang diambil dari reklamasi. Jenis pengujian yang dipilih adalah Modified Proctor. Hasilnya memberikan densitas kering maksimum dan kadar kelembaban optimum.

Disamping pemadatan, contoh material urukan dari reklamasi juga diambil untuk uji laboratorium CBR, yang mana pengujian tersebut mengevaluasi kualitas relatif dari lapisan-lapisan reklamasi.

Semua tanah yang dipadatkan dilaboratorium diidentifikasi sebagai pasir atau pasir berkerikil dengan campuran yang miskin. Pemadatan laboratorium menggunakan Proctor termodifikasi yang dilanjutkan dengan CBR test. Hasil dari penyelidikan ini memberikan nilai antara 22 hingga 37,41% dengan $\tau_{dry\ max}$ sebesar 1,87 hingga 1,86 t/m³. Secara umum, dari CBR, tanah dikategorikan baik untuk bahan urukan. Permeabilitas saat dipadatkan masih tinggi dan kompresibilitas saat dipadatkan dalam keadaan jenuh adalah sangat rendah.

3.3.2.6. Direct Shear Test

Untuk menghitung kuat geser dari material urukan sesudah ditempatkan dan dipadatkan, pengujian dilaksanakan menggunakan metode direct shear. Jenis tes yang dipakai adalah Q-tes, dimana geser terbentuk secara langsung tanpa menyebabkan sample mengalami konsolidasi. Sample tersebut disiapkan untuk merangsang pada pendekatan kondisi densitas kering maksimum.

Berdasarkan pada direct shear test (Q test) terhadap contoh tanah hasil test pemadatan, material uruk pasir mempunyai kohesi 0 kg/cm² dan sudut gesek dari 32⁰ hingga 43⁰. Kekuatan ketika dipadatkan dan kondisi jenuh adalah relatif baik.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Metodologi Perhitungan Beban Preloading.

Urutan langkah-langkah perhitungan pemberian beban preloading adalah sebagai berikut:

1. Membagi lapisan tanah yang memampat sedalam 18 m ke dalam 6 lapisan berdasarkan keseragaman parameter-parameter tanah dasar.

Kedalaman	Tebal lapisan
0 - 2,2	2,2
2,2 - 3	0,8
3 - 9	6
9 - 12	3
12 - 15	3
15 - 18	3

2. Menghitung penambahan tegangan akibat preloading setinggi 2,3 meter untuk sektor 1 dan 3,9 untuk sektor 2.

$$\Delta\sigma = Hx\gamma_{fill} \dots\dots\dots(4.1)$$

di mana:

γ_{fill} = berat unit material preloading, sebesar 1,8 ton/m³.

3. Menghitung koefisien konsolidasi arah vertikal kedalam satuan m² /tahun.
4. Menghitung besarnya pemampatan pada waktu t tak berhingga ($S_{c\infty}$) sebagai akibat dari timbunan setebal H_1 . Pada perhitungan ini dipakai persamaan (2.2) dan persamaan (2.3).
5. Menentukan harga U_v sebesar 80%.

6. Menghitung besarnya T_v untuk derajat konsolidasi 80% dengan persamaan (2.5) dan persamaan (2.6) atau melihat grafik pada gambar 2.2.
7. Menghitung besar pemampatan dengan formula: $S_c = S_{c\sim} \times U_v$.
8. Menggambar grafik hubungan antara waktu dan besar pemampatan akibat pembebanan sektor 1 dan 2.
9. Menentukan waktu yang diperlukan untuk mencapai pemampatan yang harus dihilangkan akibat beban rencana sektor 1 dan 2. Penentuan waktu ini dapat dilihat dari grafik pada point 8. Untuk perencanaan diambil derajat konsolidasi 80% ($U_{80\%}$).
10. Perhitungan selanjutnya didapat dengan cara yang sama seperti poin 4 sampai dengan 9.
11. Menentukan waktu pemampatan total yang diperlukan untuk menghilangkan settlement akibat beban rencana.

PERHITUNGAN PRELOADING DENGAN VERTIKAL DRAIN

Perhitungan preloading dengan vertikal drain pada dasarnya sama dengan perhitungan preloading saja (tanpa vertikal drain). Perbedaannya terletak pada penentuan derajat konsolidasi karena bila menggunakan vertikal drain maka penentuan derajat konsolidasi didasarkan atas gabungan antara air pori arah vertikal dan horisontal.

Adapun langkah-langkahnya:

1. Melakukan perhitungan yang sama dengan perhitungan preloading tanpa vertikal drain mulai poin 1 sampai dengan 4. Pada perencanaan ini besarnya

yang diberikan pada tiap tahapnya diambil sama dengan preloading tanpa vertikal drain.

2. Menghitung harga U_v dari persamaan (2.4) dan U_h dari persamaan (2.12) untuk tiap-tiap lapisan pembebanan dengan waktu t yang bervariasi yaitu $t=2$ bulan, 4 bulan, 6 bulan, 8 bulan, 10 bulan dan 12 bulan.
3. Menghitung harga derajat konsolidasi gabungan (U_e) yang merupakan kombinasi harga U_v dan harga U_h dengan persamaan (2.13).
4. Hitung besar pemampatan pada waktu t $\{S_e(U_e)\}$ dengan rumus:
$$S_e(U_e) = S_{e\infty} \times U_e \dots\dots\dots(4.2)$$
5. Menggambar grafik hubungan antara waktu dengan besar pemampatan untuk sektor 1.
6. Menentukan waktu yang diperlukan untuk mencapai pemampatan yang harus ~~yang harus~~ dihilangkan akibat timbunan. Penentuan waktu ini dapat dilihat dari grafik pada poin 5. Untuk perencanaan diambil derajat konsolidasi 80% ($U_{80\%}$).
7. Perhitungan selanjutnya didapat dengan cara seperti perhitungan preloading tanpa vertikal drain dari poin 3 sampai dengan poin 9 dengan adanya perbedaan harga U_e .
8. Menentukan waktu pemampatan total yang diperlukan untuk menghilangkan pemampatan akibat adanya beban timbunan rencana.

4.2. Ketentuan Rencana Perbaikan.

Perencanaan perbaikan tanah di Laguna Indah tersebut dilakukan dengan metode preloading dengan atau tanpa vertikal drain. Adapun beberapa ketentuan yang harus diambil untuk perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Parameter tanah dasar.
- b. Tebal lapisan tanah yang memampat (H) = 18 m, dibagi dalam 6 lapisan.
- c. Fluktuasi muka air -2,20 m dihitung dari muka tanah dasar.
- d. Tinggi rencana urukan tanah:

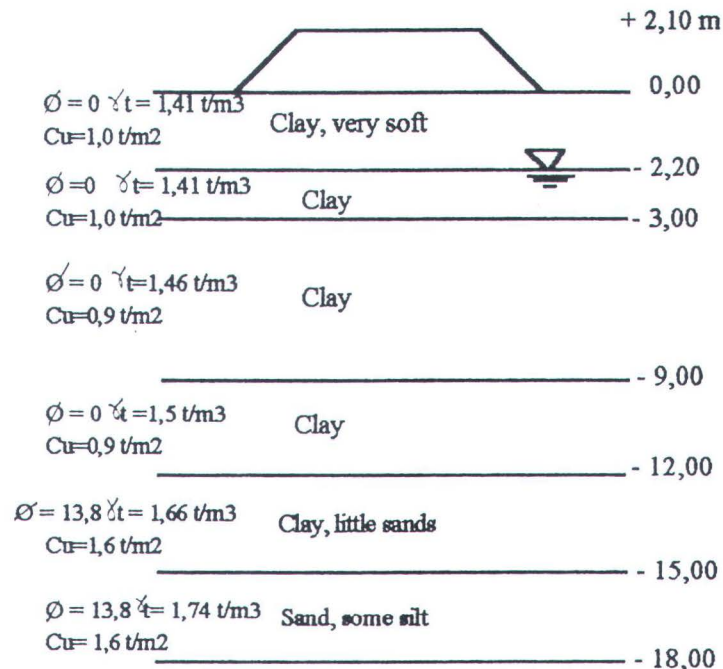
Sektor 1: elevasi akhir +2,10 m.

Sektor 2: elevasi akhir +2,80 m.
- e. Beban rencana bangunan sebesar $P_0 = 2 \text{ ton/m}^2$.
- f. Parameter tanah urukan (γ_{fill}) = $1,8 \text{ ton/m}^3$.

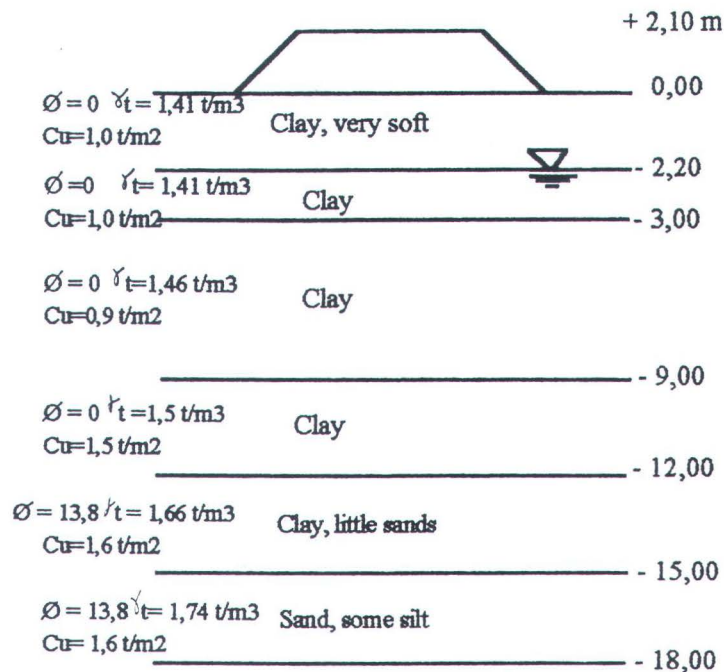
4.3. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan Rencana.

Beban timbunan rencana yang diperhitungkan dalam analisa konsolidasi ini terdiri dari beban timbunan dan beban rencana bangunan. Jadi tegangan tambahan akibat beban timbunan rencana adalah:

$$\Delta\sigma = \text{beban rencana timbunan} + (h_{fill} \cdot \gamma_{fill}) \dots \dots \dots (4.3)$$



Gambar 4.1.a. Potongan melintang sektor 1



Gambar 4.1.b. Potongan melintang sektor 2

γ_{m} = untuk tanah urukan 1,8 ton/m³.

P_0 = beban rencana bangunan 2 ton/m².

h_{m} = tinggi timbunan yang dianalisa.

Beban timbunan rencana tersebut diteruskan ke dalam lapisan tanah secara tidak merata yaitu semakin kecil dengan bertambahnya kedalaman. Besar tegangan yang diterima pada tiap-tiap kedalaman yang ditinjau dapat dihitung dengan menggunakan metode distribusi tegangan yang diperkenalkan oleh Osterberg (1957) di mana penambahan tegangan tersebut besarnya adalah:

$$\Delta\sigma = P_0 \cdot 2I \dots\dots\dots(4.4)$$

I = faktor pengaruh yang ditentukan dari grafik Osterberg.

Untuk pembahasan yang dilakukan ini, harga I ialah sama dengan 1,00 karena area yang diberi beban sangat luas. Dengan demikian besar $\Delta\sigma$ untuk setiap kedalaman adalah sama.

Di dalam studi ini, maka air tanah berfluktuasi sebesar 2,20 meter dari permukaan tanah; hal ini mengakibatkan tanah pada lokasi yang bersangkutan mempunyai OCR yang besar. Oleh sebab itu, perhitungan pemampatan untuk lapisan yang dipengaruhi oleh fluktuasi dipergunakan persamaan (2.2). Sedangkan untuk lapisan di bawahnya dipakai persamaan (2.3).

Dengan menggunakan parameter tanah yang tersedia, besar pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan rencana diberikan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 di bawah ini. Pemampatan yang terjadi tersebut harus dihilangkan untuk mencegah agar tanah dasar tak mengalami pemampatan lagi selama konstruksi dan pasca konstruksi.

Tabel 4.1. Besar pemampatan sektor 1

$$\Delta\sigma = (h_{\text{air}} \times 1,8) + 2 = 2,1 \times 1,8 + 2 = 5,78$$

H (m)	γ_{sat} (t/m ³)	σ_0 (t/m ²)	$\Delta\sigma_0$ (t/m ²)	σ_x (t/m ²)	C_c	C_s	e_0	$S_c \sim$ (m)
2.2	1.44	0.48	5.78	6.26	0.99	0.16	2.75	0.1044
0.8	1.44	0.18	5.78	5.96	0.99	0.16	2.75	0.0522
6	1.48	1.45	5.78	7.23	0.96	0.15	2.41	0.1841
3	1.56	0.83	5.78	6.61	0.87	0.13	1.97	0.1181
3	1.66	0.99	5.78	6.77	0.87	0.13	1.5	0.1302
3	1.73	1.1	5.78	6.88	0.87	0.13	1.25	0.1381
$\Sigma =$								0.7271

Tabel 4.2. Besar pemampatan sektor 2.

$$\Delta\sigma = (h_{\text{sat}} \times 1,8) + 2 = 2,8 \times 1,8 + 2 = 7,04$$

H (m)	γ_{sat} (t/m ²)	σ_0 (t/m ²)	$\Delta\sigma_0$ (t/m ²)	σ_x (t/m ²)	C_c	C_s	e_0	$S_c \sim$ (m)
2.2	1.44	0.48	7.04	7.52	0.99	0.16	2.75	0.1118
0.8	1.44	0.18	7.04	7.22	0.99	0.16	2.75	0.0551
6	1.48	1.45	7.04	8.49	0.96	0.15	2.41	0.2024
3	1.56	0.83	7.04	7.87	0.87	0.13	1.97	0.1281
3	1.66	0.99	7.04	8.03	0.87	0.13	1.5	0.1418
3	1.73	1.1	7.04	8.14	0.87	0.13	1.25	0.1507
$\Sigma =$								0.7899

Pada tugas akhir ini, besar pemampatan yang dihilangkan adalah sebesar 80% ($U_{80\%}$). Berdasarkan harga untuk derajat konsolidasi tersebut maka harga T_v (faktor waktu) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6) atau dengan menggunakan gambar 2.2. Lama pemampatan yang dihitung dengan persamaan (2.4) untuk masing-masing tinggi timbunan pada tabel 4.3. Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa untuk menghilangkan pemampatan akibat beban timbunan rencana yang diperlukan adalah sangat lama.

Tabel 4.3. Waktu pemampatan untuk mencapai $U_{80\%}$ pada sektor 1 dan sektor 2.

U(%)	T_v	$\Delta\sigma = 5,78$	$\Delta\sigma = 7,04$
		t (tahun)	t (tahun)
10	0.008	2.231	2.388
20	0.031	8.918	9.552
30	0.071	20.069	21.491
40	0.126	35.678	38.206
50	0.197	55.747	59.697
60	0.197	81.321	87.083
70	0.403	114.431	122.541
80	0.567	161.101	172.517
90	0.848	240.882	257.952

4.4. Perhitungan Preloading Tanpa Vertikal Drain

Mengingat waktu untuk menyelesaikan konsolidasi sangat lama maka direncanakan untuk memberi beban preloading guna mempercepat proses konsolidasi setinggi 2,3 m pada sektor 1 dan 3,9 m untuk sektor 2. Berdasarkan urutan langkah-langkah perhitungan besar preloading yang telah diuraikan di depan, diperoleh hasil perhitungan besar dan lama pemampatan untuk masing-masing tahap pembebanan seperti diberikan dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4. Besar dan lama pemampatan pada sektor 1 dan 2.

Sektor	Pemampatan (m)	Waktu (th)
1	0,5999	119,162
2	0,6312	120,458

Dalam hal ini pembebanan dilakukan secara langsung, tidak menggunakan pembebanan bertahap atau pembebanan berimbang. Hal ini disebabkan karena waktu pemampatan yang dibutuhkan menjadi lebih lama dan memerlukan area yang lebih luas. Dari tabel di atas diketahui pemampatan sektor 1 adalah 0,5999 m atau 82,5% penurunan total. Sedangkan sektor 2 memampat sebesar 0,6312 m atau 79,9% penurunan total.

4.5. Perhitungan Preloading Dengan Vertikal Drain

Penentuan ukuran, jarak dan pola pemasangan vertikal drain.

Untuk menentukan ukuran, jarak dan pola pemasangan vertikal drain yang akan dipakai pada perhitungan lebih lanjut, dicoba 3 (tiga) macam ukuran vertikal drain yang berbeda yaitu 10 cm, 15 cm dan 30 cm. Masing-masing ukuran vertikal drain tersebut dihitung besar pemampatan untuk waktu 2 bulan, 4 bulan, 6 bulan, 8

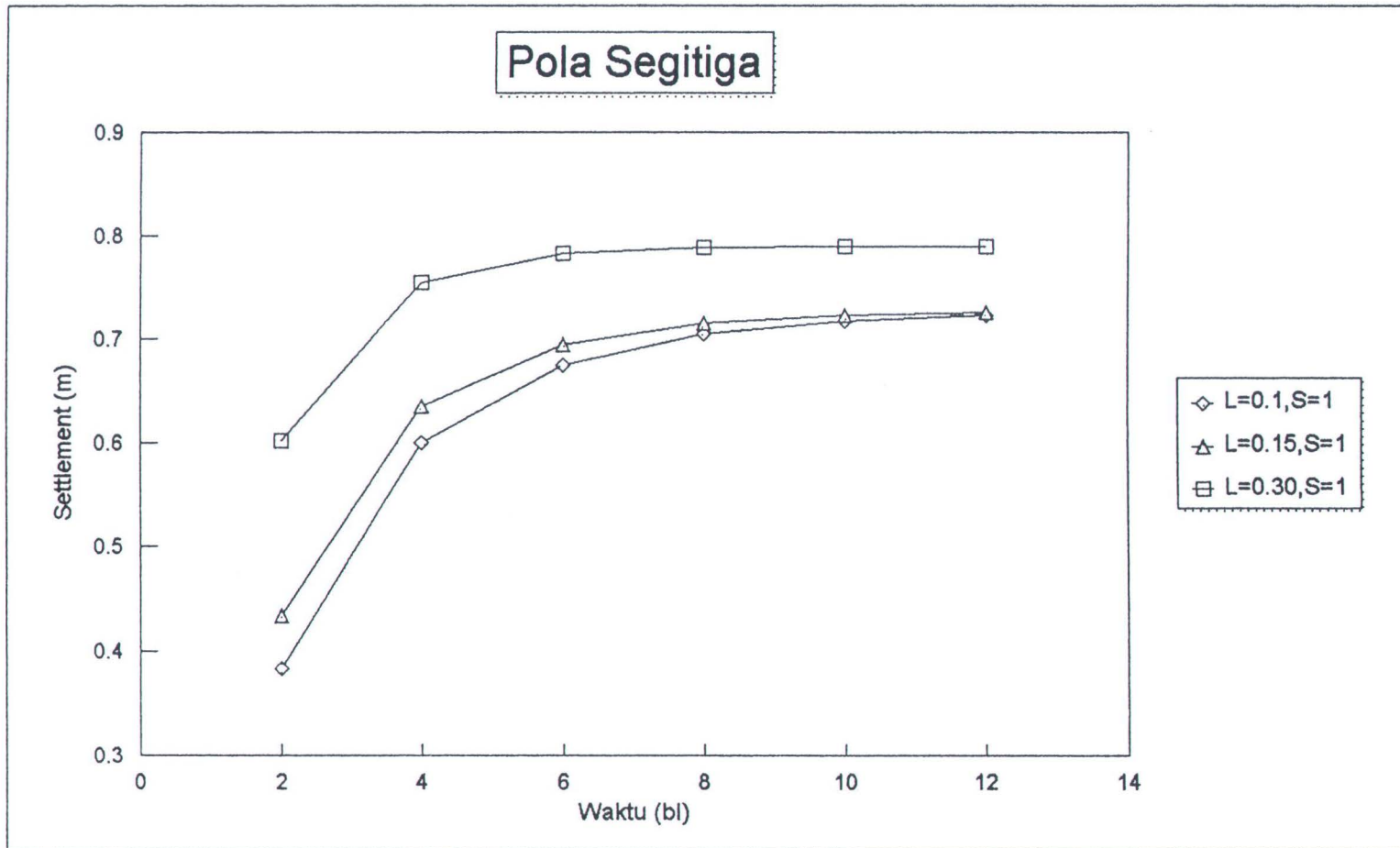
bulan, 10 bulan dan 12 bulan pada jarak yang berbeda yaitu 1 meter, 1,5 meter, dan 2 meter dengan pola pemasangan segiempat atau pola segitiga. Perhitungan dari semua variasi vertikal drain diberikan dalam lampiran B.

Penentuan Ukuran Vertikal Drain

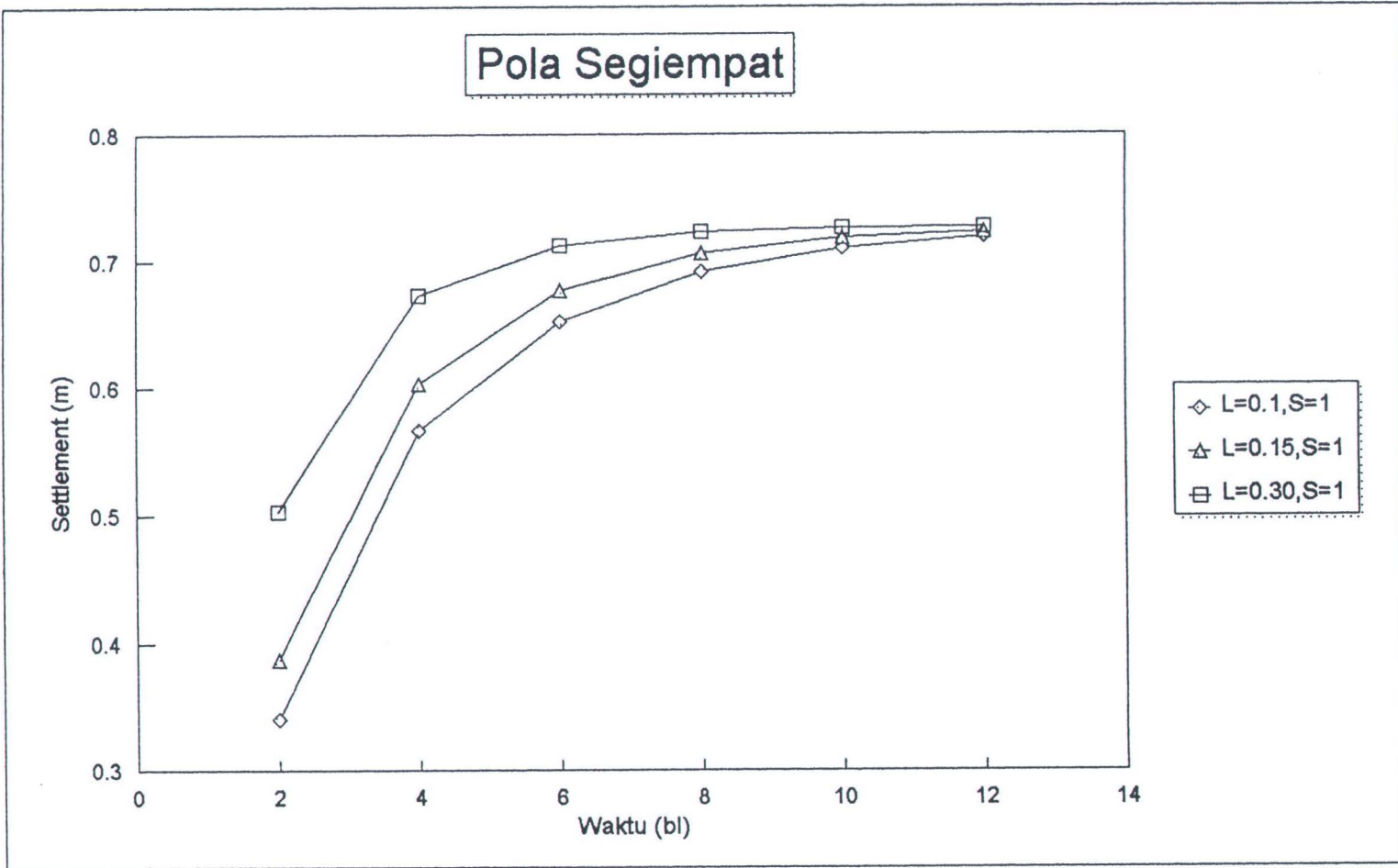
Untuk mencari ukuran vertikal drain yang paling efisien, dibuat grafik hubungan S_c terhadap t . Untuk ukuran vertikal drain yang berbeda dan jarak yang sama untuk pola segitiga dan segiempat seperti gambar 4.2.a dan 4.2.b.

Berdasarkan grafik S_c terhadap t yang diberikan tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran vertikal drain semakin besar kemampuannya untuk mempercepat pemampatan, tetapi harga vertikal drain menjadi semakin mahal.

Dengan mempertimbangkan beda waktu pemampatan yang sangat kecil untuk masing-masing ukuran vertikal drain dibandingkan dengan beda harga yang sangat besar, maka vertikal drain ukuran 15 cm dan 30 cm tidak dipakai untuk perbaikan tanah ini. Jadi vertikal drain ukuran 10 cm saja yang akan dipakai untuk perhitungan estimasi lebih lanjut.



Gambar 4.2.a. Grafik S_c vs t penentuan ukuran vertikal drain pola segitiga

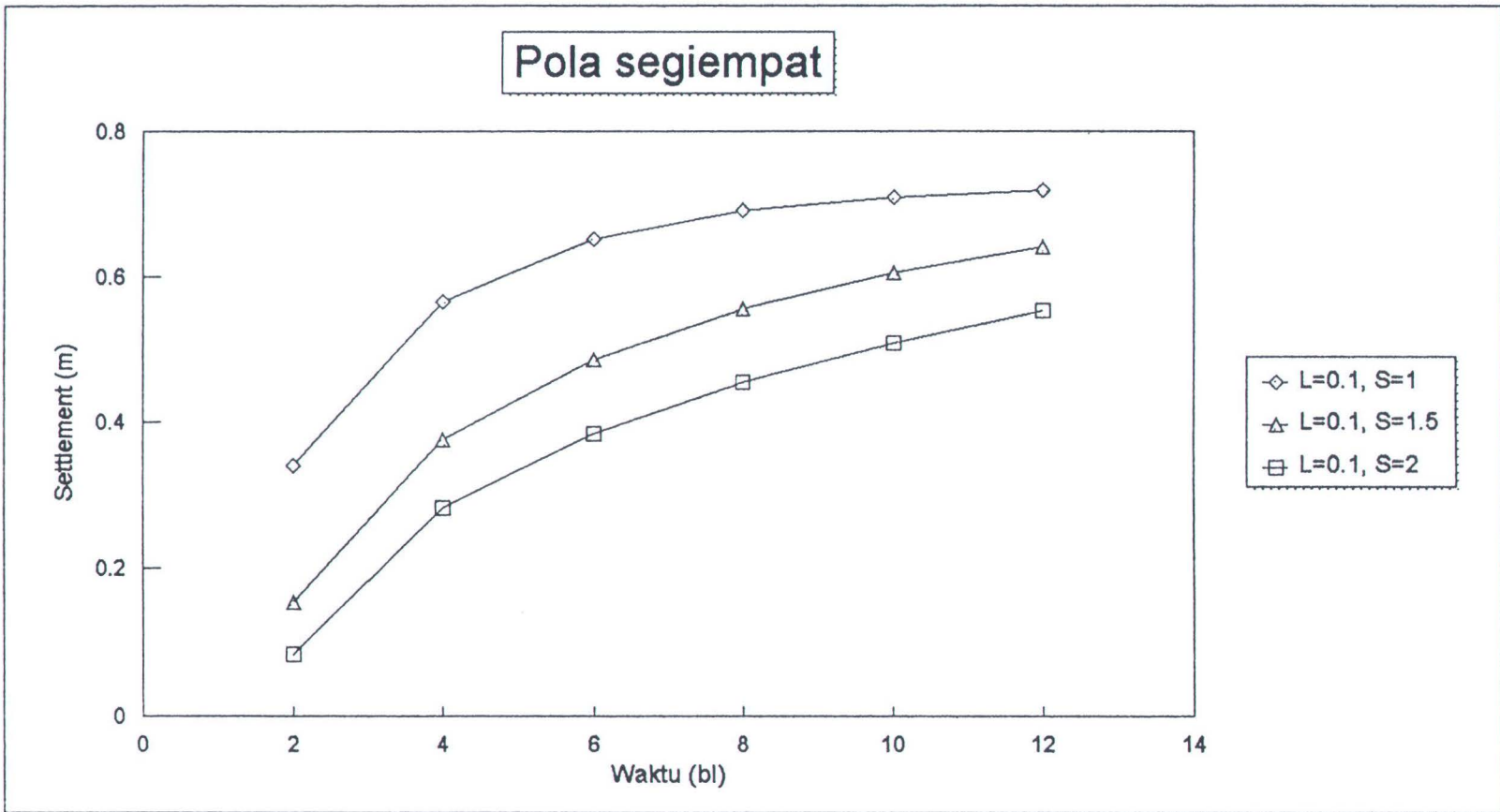


Gambar 4.2.b. Grafik S_c vs t penentuan ukuran vertikal drain pola segiempat

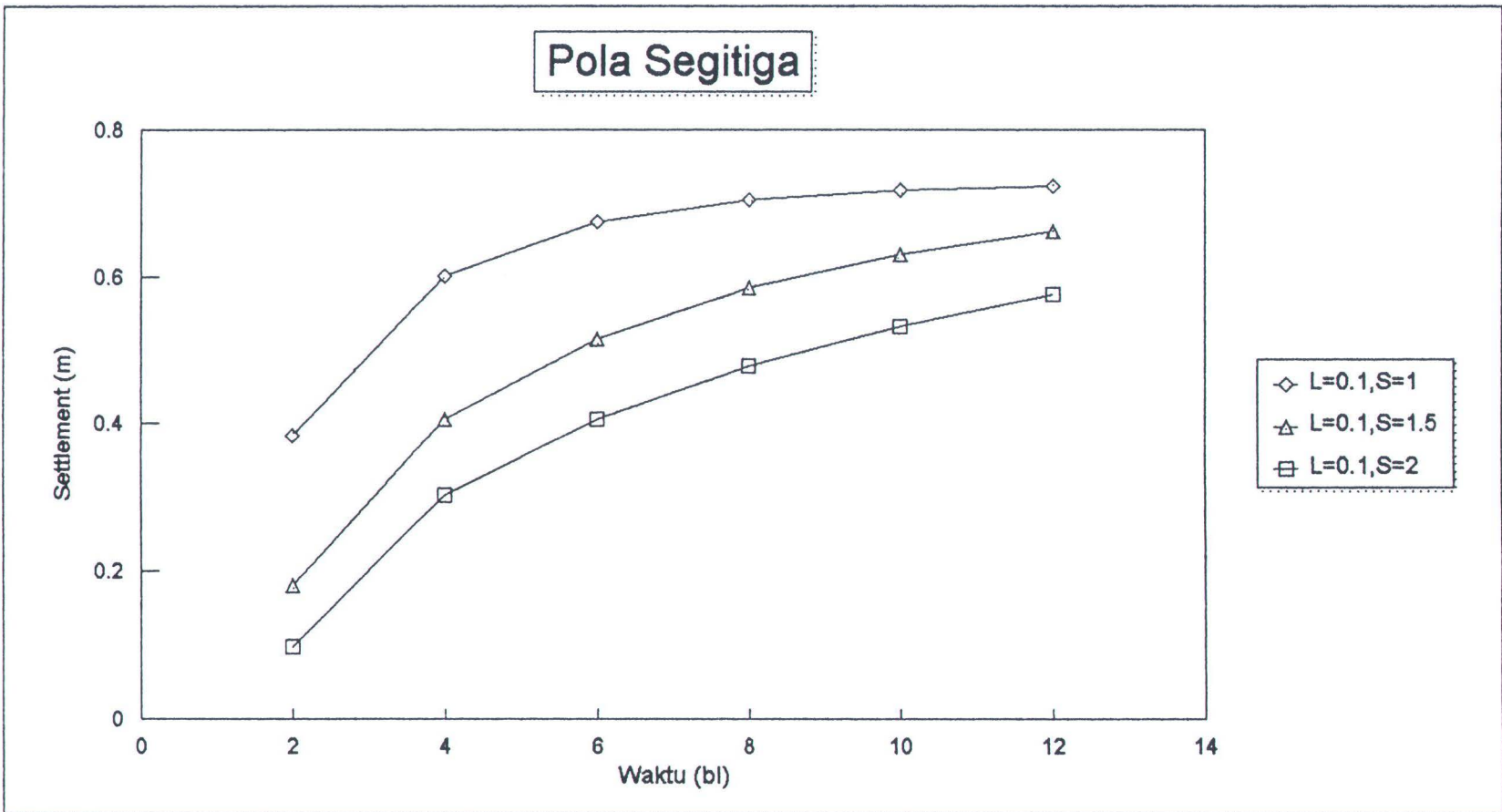
Penentuan jarak vertika drain

Untuk menentukan jarak vertikal drain yang akan dipakai pada perhitungan lebih lanjut, dibuat grafik hubungan S_c terhadap t untuk menentukan vertikal drain yang sama dan jarak yang berbeda dengan pola segiempat dan segitiga seperti diberikan dalam gambar 4.3.a dan 4.3.b.

Berdasarkan grafik S_c terhadap t yang diberikan dalam gambar 4.3.a dan 4.3.b tersebut dapat dilihat bahwa vertikal drain yang dipasang pada jarak 1 meter menghasilkan pemampatan yang lebih cepat dari pada jarak 1,5 meter dan jarak 2 meter. Jadi semakin kecil jarak vertikal drain semakin cepat pemampatannya. Mengingat beda waktu pemampatan yang sangat besar untuk masing-masing jarak antar vertikal drain, maka jarak antar vertikal drain untuk estimasi adalah 1 m.



Gambar 4.3.a. Grafik S_c vs t penentuan jarak vertikal drain pola segiempat



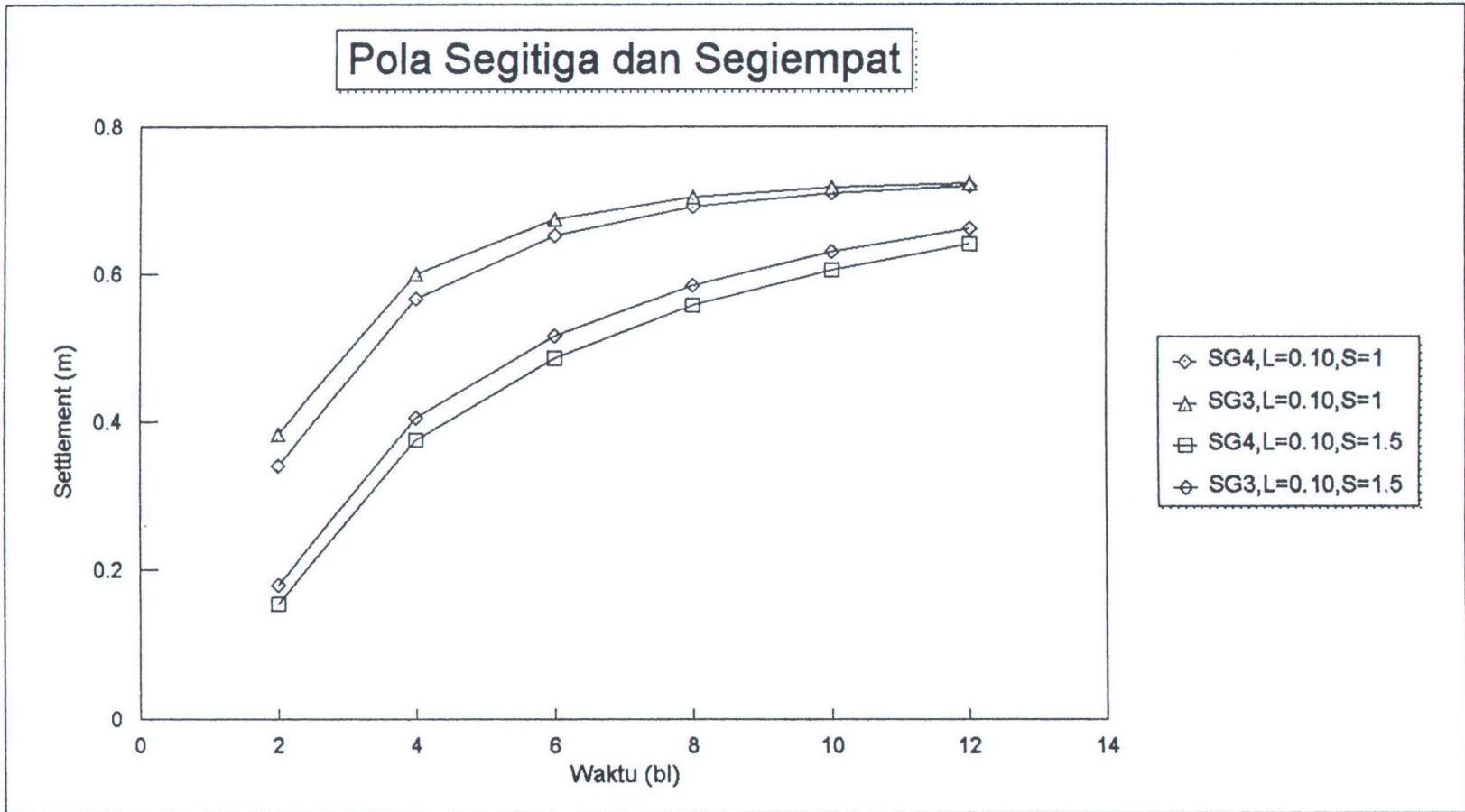
Gambar 4.3.b. Grafik S_c vs t penentuan jarak vertikal drain pola segitiga

Penentuan pola pemasangan vertikal drain.

Untuk menentukan pola pemasangan vertikal drain yang akan dipakai dalam perhitungan ini, dibuat grafik hubungan S_c terhadap t . Untuk ukuran vertikal drain yang sama, jarak yang berbeda pada pola pemasangan segitiga dan segiempat seperti diberikan dari gambar 4.4.

Dari grafik S_c terhadap t yang diberikan dalam gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pola segitiga memberikan pemampatan sedikit lebih cepat daripada pola segiempat. Disamping itu, informasi dari lapangan menjelaskan bahwa pelaksanaan pemasangan vertikal drain pola segitiga lebih cepat dibanding pemasangan pola segiempat.

Dengan didasarkan pada analisa yang diberikan di atas maka untuk perbaikan tanah dipakai vertikal drain ukuran 10 cm, jarak 1 meter dan pola pemasangan segitiga.



Gambar 4.4. Grafik S_c terhadap t untuk ukuran vertikal drain sama dan jarak berbeda pada pola pemasangan segitiga dan segiempat

BAB V

KESIMPULAN

Dari data dan analisa tugas akhir ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Keadaan tanah asli adalah :

- ♦ Organic clay dengan kompresibilitas yang tinggi dan pemampatan besar.
- ♦ Memiliki gaya geser yang kecil.
- ♦ Termasuk normally consolidated.
- ♦ Daya dukung rendah dan permeabilitas kecil.
- ♦ Jenis tanah yang dominan lempung dengan sedikit lanau dan pasir.

2. Besar dan lama settlement akibat beban rencana 2 ton/m^2 adalah:

Sektor	Settlement	
	Besar (cm)	Waktu (tahun)
1	72,7	161,108
2	78,99	172,52

3. Estimasi settlement pasca preloading tanpa menggunakan vertikal drain adalah :

Sektor	h surcharge	Sc	Waktu
	(m)	(cm)	(tahun)
1	2,3	59,99	119,162
2	3,9	63,12	120,458

Jadi dengan preloading tanpa vertikal drain waktu pemampatan masih terlalu lama, pekerjaan konstruksi tidak bisa segera dilakukan disebabkan keterbatasan waktu pelaksanaan proyek. Maka diusahakan perbaikan tanah dengan kombinasi preloading dan vertikal drain.

4. Estimasi settlement pasca preloading dengan vertikal drain ukuran lebar 10 cm dan jarak antar vertikal drain 1 m adalah :

Waktu (bl)	Settlement (cm)	
	Sektor 1	Sektor 2
1	28,3	31,3
2	44,8	49,5
3	56,4	62,2
4	64,4	71,1
5	70,2	77,5
6	74,3	82,1

Jadi pemampatan pasca perbaikan tersebut sudah memenuhi rencana untuk menghilangkan settlement akibat beban rencana.

5. Dari point 4 dibuat grafik S_c terhadap t untuk mengetahui waktu pencapaian konsolidasi 80% saat konstruksi dapat mulai didirikan. Settlement pada $U_{80\%}$ untuk sektor 1 adalah 58,160 cm dan sektor 2 adalah 63,192 cm. Hal ini dapat dicapai preloading dengan vertikal drain setelah 3,897 bulan atau 117 hari (sektor 1) dan 3,284 bulan atau 98 hari (sektor 2).
6. Jika batas waktu pelaksanaan proyek masih tersedia, ada baiknya membiarkan preloading dengan vertikal drain ini lebih lama untuk mendapatkan derajat konsolidasi yang lebih baik sehingga sisa pemampatan yang terjadi pasca konstruksi jauh lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, Joseph E. *Analisa dan Desain Pondasi*. Jilid 1 dan 2. Alih bahasa Pantur Silaban. Penerbit Erlangga Jakarta, 1983.
2. Bowles, Joseph E. *Physical And Geotechnical Properties Of Soil*. Second Edition. McGraw-Hill Inc. New York, 1984.
3. Das, Braja M. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jilid 1 dan 2. Alih bahasa Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Penerbit Erlangga Jakarta, 1993.
4. Dunn, I.S., et.al. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*. Alih bahasa Achmad Toekiman. Penerbit IKIP Semarang Press, 1992.
5. Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah*. Jilid 1 dan 2. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta, 1994.
6. Holtz, Robert D., dan Kovacs, William D. *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice-Hall Inc. New Jersey, 1981.
7. Mochtar, Noor Endah. 1994. *Metode Perbaikan Tanah Masa Kini*. Makalah Seminar Teknologi Reklamasi Di Kawasan Pantai, Surabaya 15 Desember 1994.
8. Mochtar, Noor Endah. *Mekanika Tanah*. Jurusan Teknik Sipil- FTSP ITS, 1994.
9. Nakazawa, Kazuto., Yamamura, Kazuya., Sasaki, Yasushi., Kudo, Shinosuke. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Alih bahasa Suyono Sosrodarsono. Penerbit PT. Pradnya Paramita Jakarta, 1984.

10. Soedarmo, G. D., dan Purnomo, S.J. Edy. *Mekanika Tanah*. Jilid 1 dan 2. Penerbit Kanisius Yogyakarta, 1997.
11. Soehoed, A.R. *Permasalahan Umum Reklamasi Pantai di Indonesia*. Makalah Seminar Coastal Reclamation, Jakarta 22 Juli 1996.
12. Taylor, Donald W. *Fundamental Of Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1948.
13. Terzaghi, K. *Theoritical Soil Mechanics*.. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1943.
14. Terzaghi, K., and Peck, R.B. *Soil Mechanics in Engineering Practise*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967.
15. Testana Engineering Inc. *Soil Investigation Report*. PT. Pakuwon Jati Grup Surabaya, 1995.
16. Tschebotarioff, Gregory P. *Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structure*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1951.
17. Wesley, L.D. *Mekanika Tanah*. Alih bahasa A.M. Luthfi. Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta, 1973.



Beban Preloading

Sektor 1 (h surcharge= 2.3 m)

Cv= 4.51E-04 cm²/det

H(m)	$\Delta\sigma$	Cv (m ² /th)	Tv	t (th)	Uv	S.Uv
2.2	4.14	1.42E+00	0.567	119.162	0.8000	0.0736
0.8	4.14	1.42E+00	0.567	119.162	0.8000	0.0379
6	4.14	1.42E+00	0.567	119.162	0.8000	0.1236
3	4.14	1.42E+00	0.567	119.162	0.8000	0.0815
3	4.14	1.42E+00	0.567	119.162	0.8000	0.0892
3	4.14	1.42E+00	0.567	119.162	0.8000	0.0940

$\Sigma = 0.4999$

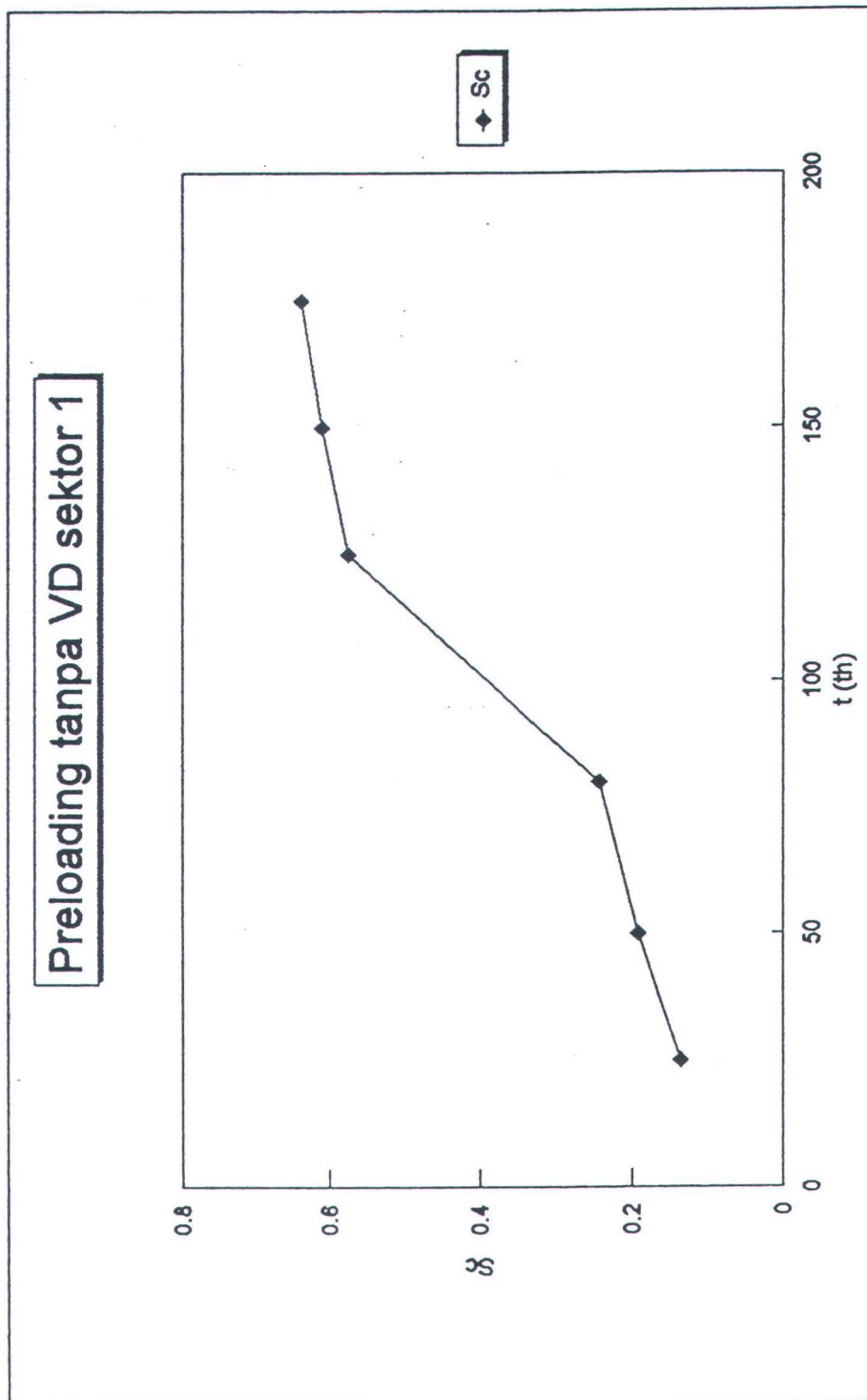
Sektor 2 (h surcharge= 3.9 m)

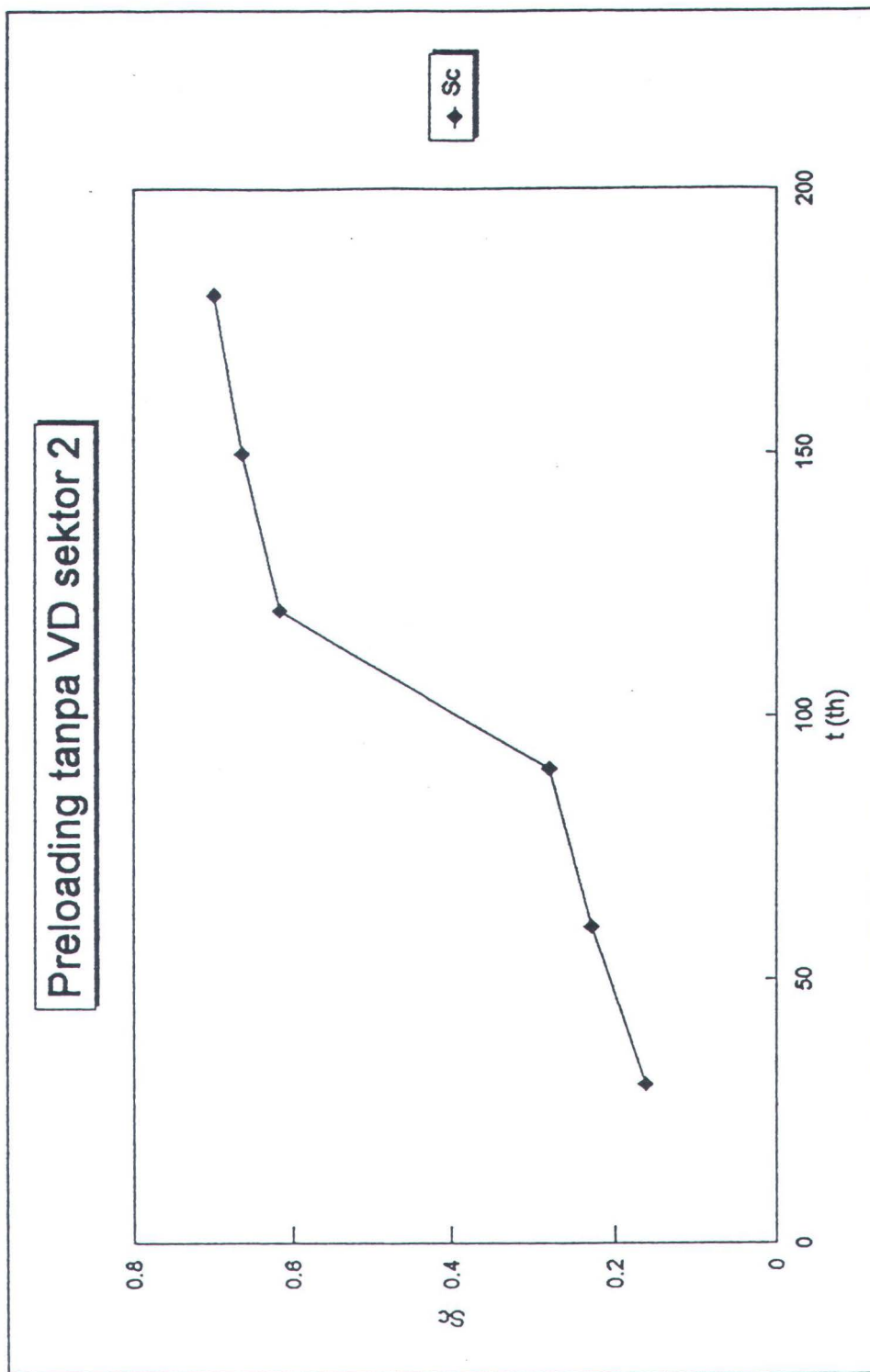
H(m)	$\Delta\sigma$	Cv	Tv	t (th)	Uv	S.Uv
2.2	7.02	1.42	0.567	120.458	0.8000	0.089
0.8	7.02	1.42	0.567	120.458	0.8000	0.044
6	7.02	1.42	0.567	120.458	0.8000	0.162
3	7.02	1.42	0.567	120.458	0.8000	0.102
3	7.02	1.42	0.567	120.458	0.8000	0.113
3	7.02	1.42	0.567	120.458	0.8000	0.12

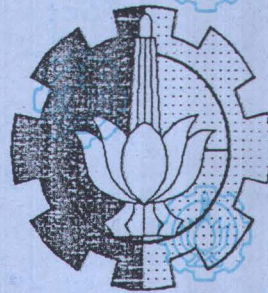
$\Sigma = 0.6312$

Rangkuman Pembebanan Preloading

Sektor	h surcharge	Sc	Waktu (tahun)
1	2.3	0.4999	119.16171
2	3.9	0.6312	120.457638







LAMPIRAN B
PEMILIHAN VERTIKAL
DRAIN

- 1 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Bujursangkar $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.467	0.533	0.467	0.3398
0.8	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.716	0.284	0.779	0.5661
6	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.849	0.151	0.897	0.6523
3	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.920	0.080	0.951	0.6913
3	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.957	0.043	0.976	0.7099
3	0.1	1	0.05	1.128	2.366	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.977	0.023	0.989	0.7188

- 2 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Bujursangkar $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.467	0.533	0.467	0.3692
0.8	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.716	0.284	0.779	0.6151
6	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.849	0.151	0.897	0.7087
3	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.920	0.080	0.951	0.7511
3	0.1	1	0.05	1.128	2.366	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.957	0.043	0.976	0.7713
3	0.1	1	0.05	1.128	2.366	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.977	0.023	0.989	0.7810

- 3 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Bujursangkar $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.213	0.787	0.213	0.1545
0.8	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.380	0.620	0.516	0.3754
6	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.512	0.488	0.668	0.4856
3	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.616	0.384	0.765	0.5565
3	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.697	0.303	0.834	0.6060
3	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.762	0.238	0.882	0.6412

4 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.213	0.787	0.213	0.1679
0.8	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.380	0.620	0.516	0.4079
6	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.512	0.488	0.668	0.5277
3	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.616	0.384	0.765	0.6047
3	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.697	0.303	0.834	0.6584
3	0.1	1.5	0.05	1.692	2.772	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.762	0.238	0.882	0.6967

5 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.115	0.885	0.115	0.0834
0.8	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.216	0.784	0.389	0.2825
6	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.306	0.694	0.528	0.3839
3	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.386	0.614	0.625	0.4545
3	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.456	0.544	0.701	0.5095
3	0.1	2	0.05	2.256	3.059	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.518	0.482	0.762	0.5537

6 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.115	0.885	0.115	0.0906
0.8	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.216	0.784	0.389	0.3070
6	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.306	0.694	0.528	0.4172
3	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.386	0.614	0.625	0.4939
3	0.1	2	0.05	2.256	3.059	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.456	0.544	0.701	0.5536
3	0.1	2	0.05	2.256	3.059	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.518	0.482	0.762	0.6016

7 Pemilihan Vertikal Drain
Pola Bujursangkar
Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1 m
Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.532	0.468	0.532	0.3871
0.8	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.781	0.219	0.829	0.6030
6	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.898	0.102	0.930	0.6765
3	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.952	0.048	0.971	0.7058
3	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.978	0.022	0.988	0.7181
3	0.15	1	0.075	1.128	1.961	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.990	0.010	0.995	0.7232

8 Pemilihan Vertikal Drain
Pola Bujursangkar
Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1 m
Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.532	0.468	0.532	0.4205
0.8	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.781	0.219	0.829	0.6552
6	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.898	0.102	0.930	0.7350
3	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.952	0.048	0.971	0.7669
3	0.15	1	0.075	1.128	1.961	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.978	0.022	0.988	0.7802
3	0.15	1	0.075	1.128	1.961	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.990	0.010	0.995	0.7858

9 Pemilihan Vertikal Drain
Pola Bujursangkar
Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1.5 m
Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.244	0.756	0.244	0.1775
0.8	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.429	0.571	0.554	0.4031
6	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.568	0.432	0.706	0.5135
3	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.674	0.326	0.801	0.5823
3	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.753	0.247	0.864	0.6284
3	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.814	0.186	0.908	0.6599

- 10 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Bujursangkar $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.244	0.756	0.244	0.1929
0.8	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.429	0.571	0.554	0.4379
6	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.568	0.432	0.706	0.5580
3	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.674	0.326	0.801	0.6327
3	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.753	0.247	0.864	0.6827
3	0.15	1.5	0.075	1.692	2.366	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.814	0.186	0.908	0.7170

- 11 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Bujursangkar $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.131	0.869	0.131	0.0952
0.8	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.245	0.755	0.411	0.2988
6	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.344	0.656	0.554	0.4026
3	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.430	0.570	0.652	0.4741
3	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.504	0.496	0.727	0.5288
3	0.15	2	0.075	2.256	2.654	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.569	0.431	0.787	0.5720

- 12 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Bujursangkar $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.131	0.869	0.131	0.1035
0.8	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.245	0.755	0.411	0.3246
6	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.344	0.656	0.554	0.4374
3	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.430	0.570	0.652	0.5151
3	0.15	2	0.075	2.256	2.654	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.504	0.496	0.727	0.5746
3	0.15	2	0.075	2.256	2.654	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.569	0.431	0.787	0.6215

- 13 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Bujursangkar
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 1

Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Ch= 9.02E-04 cm²/det

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.590	0.410	0.590	0.4287
0.8	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.832	0.168	0.869	0.6315
6	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.931	0.069	0.953	0.6929
3	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.972	0.028	0.983	0.7144
3	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.988	0.012	0.994	0.7224
3	0.2	1	0.1	1.128	1.673	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.995	0.005	0.998	0.7253

- 14 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Bujursangkar
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 2

Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Ch= 9.02E-04 cm²/det

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.590	0.410	0.590	0.4658
0.8	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.832	0.168	0.869	0.6862
6	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.931	0.069	0.953	0.7528
3	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.972	0.028	0.983	0.7762
3	0.2	1	0.1	1.128	1.673	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.988	0.012	0.994	0.7848
3	0.2	1	0.1	1.128	1.673	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.995	0.005	0.998	0.7880

- 15 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Bujursangkar
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 1

Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Ch= 9.02E-04 cm²/det

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.273	0.727	0.273	0.1984
0.8	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.471	0.529	0.588	0.4272
6	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.616	0.384	0.739	0.5370
3	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.721	0.279	0.830	0.6031
3	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.797	0.203	0.888	0.6457
3	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.852	0.148	0.927	0.6738

- 16 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Bujursangkar
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.273	0.727	0.273	0.2156
0.8	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.471	0.529	0.588	0.4642
6	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.616	0.384	0.739	0.5834
3	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.721	0.279	0.830	0.6552
3	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.797	0.203	0.888	0.7016
3	0.2	1.5	0.1	1.692	2.078	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.852	0.148	0.927	0.7321

- 17 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Bujursangkar
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.146	0.854	0.146	0.1059
0.8	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.270	0.730	0.431	0.3131
6	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.377	0.623	0.576	0.4188
3	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.467	0.533	0.675	0.4908
3	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.545	0.455	0.750	0.5450
3	0.2	2	0.1	2.256	2.366	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.611	0.389	0.808	0.5871

- 18 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Bujursangkar
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.146	0.854	0.146	0.1151
0.8	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.270	0.730	0.431	0.3402
6	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.377	0.623	0.576	0.4550
3	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.467	0.533	0.675	0.5332
3	0.2	2	0.1	2.256	2.366	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.545	0.455	0.750	0.5922
3	0.2	2	0.1	2.256	2.366	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.611	0.389	0.808	0.6379



- 19 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.691	0.309	0.691	0.5027
0.8	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.905	0.095	0.926	0.6730
6	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.971	0.029	0.980	0.7125
3	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.991	0.009	0.994	0.7230
3	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.997	0.003	0.998	0.7259
3	0.3	1	0.15	1.128	1.268	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.999	0.001	1.000	0.7267

- 20 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.186	0.691	0.309	0.691	0.5462
0.8	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.373	0.905	0.095	0.926	0.7312
6	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.559	0.971	0.029	0.980	0.7741
3	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.745	0.991	0.009	0.994	0.7855
3	0.3	1	0.15	1.128	1.268	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.932	0.997	0.003	0.998	0.7887
3	0.3	1	0.15	1.128	1.268	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.118	0.999	0.001	1.000	0.7896

- 21 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.327	0.673	0.327	0.2377
0.8	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.547	0.453	0.647	0.4701
6	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.695	0.305	0.793	0.5763
3	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.795	0.205	0.875	0.6360
3	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.862	0.138	0.924	0.6718
3	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.907	0.093	0.954	0.6935

22 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1.5 m
Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.083	0.327	0.673	0.327	0.2583
0.8	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.166	0.547	0.453	0.647	0.5108
6	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.248	0.695	0.305	0.793	0.6261
3	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.331	0.795	0.205	0.875	0.6910
3	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.414	0.862	0.138	0.924	0.7299
3	0.3	1.5	0.15	1.692	1.673	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.497	0.907	0.093	0.954	0.7536

23 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 2 m
Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.173	0.827	0.173	0.1258
0.8	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.316	0.684	0.467	0.3392
6	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.435	0.565	0.615	0.4475
3	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.532	0.468	0.715	0.5196
3	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.613	0.387	0.787	0.5724
3	0.3	2	0.15	2.256	1.961	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.680	0.320	0.842	0.6119

24 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
Pola Bujursangkar Ch= 9.02E-04 cm²/det
Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 2 m
Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.047	0.173	0.827	0.173	0.1367
0.8	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.093	0.316	0.684	0.467	0.3686
6	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.14	0.435	0.565	0.615	0.4862
3	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.186	0.532	0.468	0.715	0.5646
3	0.3	2	0.15	2.256	1.961	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.233	0.613	0.387	0.787	0.6219
3	0.3	2	0.15	2.256	1.961	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.279	0.680	0.320	0.842	0.6649

25 Lampiran 3

Pemilihan Vertikal Drain

Cv= 4.51E-04 cm²/det

Pola Segitiga

Ch= 9.02E-04 cm²/det

Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1 m

Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.527	0.473	0.527	0.3835
0.8	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.777	0.223	0.826	0.6004
6	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.894	0.106	0.928	0.6748
3	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.950	0.050	0.970	0.7049
3	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.976	0.024	0.987	0.7176
3	0.1	1	0.05	1.050	2.295	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	0.989	0.011	0.994	0.7230

26 Pemilihan Vertikal Drain

Cv= 4.51E-04 cm²/det

Pola Segitiga

Ch= 9.02E-04 cm²/det

Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1 m

Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.527	0.473	0.527	0.4166
0.8	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.777	0.223	0.826	0.6523
6	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.894	0.106	0.928	0.7332
3	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.950	0.050	0.970	0.7659
3	0.1	1	0.05	1.050	2.295	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.976	0.024	0.987	0.7797
3	0.1	1	0.05	1.050	2.295	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	0.989	0.011	0.994	0.7855

27 Pemilihan Vertikal Drain

Cv= 4.51E-04 cm²/det

Pola Segitiga

Ch= 9.02E-04 cm²/det

Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1.5 m

Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.247	0.753	0.247	0.1793
0.8	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.432	0.568	0.557	0.4051
6	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.572	0.428	0.709	0.5156
3	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.678	0.322	0.803	0.5841
3	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.757	0.243	0.866	0.6299
3	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.817	0.183	0.909	0.6612

28 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Segitiga
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Ch= 9.02E-04 cm²/det

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.247	0.753	0.247	0.1948
0.8	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.432	0.568	0.557	0.4402
6	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.572	0.428	0.709	0.5602
3	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.678	0.322	0.803	0.6346
3	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.757	0.243	0.866	0.6844
3	0.1	1.5	0.05	1.575	2.7	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.817	0.183	0.909	0.7184

29 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Segitiga
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Ch= 9.02E-04 cm²/det

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.134	0.866	0.134	0.0975
0.8	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.250	0.750	0.415	0.3018
6	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.351	0.649	0.558	0.4060
3	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.438	0.562	0.657	0.4776
3	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.513	0.487	0.732	0.5323
3	0.1	2	0.05	2.100	2.988	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.578	0.422	0.791	0.5753

30 Pemilihan Vertikal Drain
 Pola Segitiga
 Vertika Drain (L)= 10 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Ch= 9.02E-04 cm²/det

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.134	0.866	0.134	0.1059
0.8	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.250	0.750	0.415	0.3279
6	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.351	0.649	0.558	0.4411
3	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.438	0.562	0.657	0.5190
3	0.1	2	0.05	2.100	2.988	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.513	0.487	0.732	0.5784
3	0.1	2	0.05	2.100	2.988	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.578	0.422	0.791	0.6250

31 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.598	0.402	0.598	0.4345
0.8	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.838	0.162	0.874	0.6352
6	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.935	0.065	0.956	0.6948
3	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.974	0.026	0.984	0.7154
3	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.989	0.011	0.994	0.7228
3	0.15	1	0.075	1.050	1.889	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	0.996	0.004	0.998	0.7255

32 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.598	0.402	0.598	0.4721
0.8	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.838	0.162	0.874	0.6902
6	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.935	0.065	0.956	0.7549
3	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.974	0.026	0.984	0.7773
3	0.15	1	0.075	1.050	1.889	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.989	0.011	0.994	0.7853
3	0.15	1	0.075	1.050	1.889	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	0.996	0.004	0.998	0.7882

33 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.283	0.717	0.283	0.2060
0.8	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.486	0.514	0.599	0.4358
6	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.632	0.368	0.750	0.5450
3	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.736	0.264	0.839	0.6100
3	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.811	0.189	0.896	0.6514
3	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.865	0.135	0.933	0.6783

34 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.283	0.717	0.283	0.2238
0.8	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.486	0.514	0.599	0.4735
6	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.632	0.368	0.750	0.5922
3	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.736	0.264	0.839	0.6628
3	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.811	0.189	0.896	0.7078
3	0.15	1.5	0.075	1.575	2.295	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.865	0.135	0.933	0.7369

35 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.153	0.847	0.153	0.1115
0.8	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.283	0.717	0.441	0.3206
6	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.393	0.607	0.587	0.4270
3	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.486	0.514	0.687	0.4992
3	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.565	0.435	0.761	0.5531
3	0.15	2	0.075	2.100	2.582	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.632	0.368	0.818	0.5945

36 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 15 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.153	0.847	0.153	0.1212
0.8	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.283	0.717	0.441	0.3483
6	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.393	0.607	0.587	0.4640
3	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.486	0.514	0.687	0.5424
3	0.15	2	0.075	2.100	2.582	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.565	0.435	0.761	0.6010
3	0.15	2	0.075	2.100	2.582	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.632	0.368	0.818	0.6459

37 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.658	0.342	0.658	0.4787
0.8	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.883	0.117	0.909	0.6608
6	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.960	0.040	0.973	0.7073
3	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.986	0.014	0.992	0.7210
3	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.995	0.005	0.997	0.7251
3	0.2	1	0.1	1.050	1.601	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	0.998	0.002	0.999	0.7264

38 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.658	0.342	0.658	0.5201
0.8	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.883	0.117	0.909	0.7180
6	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.960	0.040	0.973	0.7685
3	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.986	0.014	0.992	0.7833
3	0.2	1	0.1	1.050	1.601	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.995	0.005	0.997	0.7879
3	0.2	1	0.1	1.050	1.601	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	0.998	0.002	0.999	0.7893

39 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.317	0.683	0.317	0.2303
0.8	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.533	0.467	0.636	0.4623
6	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.681	0.319	0.783	0.5693
3	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.782	0.218	0.867	0.6304
3	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.851	0.149	0.918	0.6675
3	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.898	0.102	0.950	0.6904

- 40 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Segitiga $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.317	0.683	0.317	0.2502
0.8	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.533	0.467	0.636	0.5023
6	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.681	0.319	0.783	0.6186
3	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.782	0.218	0.867	0.6849
3	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.851	0.149	0.918	0.7252
3	0.2	1.5	0.1	1.575	2.007	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.898	0.102	0.950	0.7501

- 41 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Segitiga $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.171	0.829	0.171	0.1242
0.8	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.313	0.687	0.464	0.3372
6	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.430	0.570	0.612	0.4452
3	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.527	0.473	0.712	0.5174
3	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.608	0.392	0.785	0.5703
3	0.2	2	0.1	2.100	2.295	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.675	0.325	0.839	0.6101

- 42 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Segitiga $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 20 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.171	0.829	0.171	0.1350
0.8	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.313	0.687	0.464	0.3664
6	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.430	0.570	0.612	0.4838
3	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.527	0.473	0.712	0.5622
3	0.2	2	0.1	2.100	2.295	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.608	0.392	0.785	0.6197
3	0.2	2	0.1	2.100	2.295	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.675	0.325	0.839	0.6629

43 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.763	0.237	0.763	0.5545
0.8	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.944	0.056	0.956	0.6951
6	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.987	0.013	0.991	0.7204
3	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.997	0.003	0.998	0.7256
3	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.999	0.001	1.000	0.7267
3	0.3	1	0.15	1.050	1.196	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	1.000	0.000	1.000	0.7269

44 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.215	0.763	0.237	0.763	0.6024
0.8	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.43	0.944	0.056	0.956	0.7552
6	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.645	0.987	0.013	0.991	0.7827
3	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.86	0.997	0.003	0.998	0.7884
3	0.3	1	0.15	1.050	1.196	0.8333	0.132	0.450	0.550	1.075	0.999	0.001	1.000	0.7896
3	0.3	1	0.15	1.050	1.196	1.0000	0.158	0.505	0.495	1.29	1.000	0.000	1.000	0.7898

45 Pemilihan Vertikal Drain Cv= 4.51E-04 cm²/det
 Pola Segitiga Ch= 9.02E-04 cm²/det
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.380	0.620	0.380	0.2760
0.8	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.615	0.385	0.700	0.5087
6	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.761	0.239	0.838	0.6090
3	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.852	0.148	0.910	0.6613
3	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.908	0.092	0.949	0.6902
3	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.943	0.057	0.972	0.7065

- 46 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Segitiga $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 1.5 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.096	0.380	0.620	0.380	0.2998
0.8	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.191	0.615	0.385	0.700	0.5528
6	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.287	0.761	0.239	0.838	0.6616
3	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.382	0.852	0.148	0.910	0.7185
3	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.478	0.908	0.092	0.949	0.7500
3	0.3	1.5	0.15	1.575	1.601	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.573	0.943	0.057	0.972	0.7676

- 47 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Segitiga $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 1

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.204	0.796	0.204	0.1480
0.8	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.366	0.634	0.505	0.3673
6	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.495	0.505	0.657	0.4773
3	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.598	0.402	0.755	0.5486
3	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.680	0.320	0.824	0.5989
3	0.3	2	0.15	2.100	1.889	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.745	0.255	0.874	0.6352

- 48 Pemilihan Vertikal Drain $C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Pola Segitiga $C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Vertika Drain (L)= 30 cm, Jarak (S)= 2 m
 Sektor 2

H (m)	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	Sc(wvd)=Sc(nvd) x U
2.2	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.1667	0.049	0.000	1.000	0.054	0.204	0.796	0.204	0.1608
0.8	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.3333	0.741	0.220	0.780	0.108	0.366	0.634	0.505	0.3991
6	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.5000	0.02	0.320	0.680	0.161	0.495	0.505	0.657	0.5186
3	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.6667	0.105	0.390	0.610	0.215	0.598	0.402	0.755	0.5961
3	0.3	2	0.15	2.100	1.889	0.8333	0.132	0.450	0.550	0.269	0.680	0.320	0.824	0.6507
3	0.3	2	0.15	2.100	1.889	1.0000	0.158	0.505	0.495	0.323	0.745	0.255	0.874	0.6901

1 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 1

H	$\Delta\sigma$	C_v	$t(h)$	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	$t(h)$	T_v	U_v	$1-U_v$	T_r	U_r	$1-U_r$	U	$S \times U$
2.2	4.14	1.42	0.083	0.0245	0.088	0.0085	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0378	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0353
0.8	4.14	1.42	0.083	0.1849	0.243	0.0092	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0378	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0177
8	4.14	1.42	0.083	0.0033	0.032	0.0040	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0378	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0623
3	4.14	1.42	0.083	0.0131	0.065	0.0053	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0378	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0400
3	4.14	1.42	0.083	0.0131	0.065	0.0058	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0378	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0441
3	4.14	1.42	0.083	0.0131	0.065	0.0061	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0378	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0467
$\Sigma =$																			0.0368	0.2460

$$C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 1.4223 \text{ m}^2/\text{th}$$

$$C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 2.8445 \text{ m}^2/\text{th}$$

2 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 1

H	$\Delta\sigma$	C_v	$t(h)$	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D(m)	F(n)	$t(h)$	T_v	U_v	$1-U_v$	T_r	U_r	$1-U_r$	U	$S \times U$
2.2	4.14	1.42	0.187	0.0490	0.125	0.0092	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0378	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0569
0.8	4.14	1.42	0.187	0.3698	0.343	0.0130	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0378	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0285
8	4.14	1.42	0.187	0.0068	0.048	0.0057	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0378	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.1003
3	4.14	1.42	0.187	0.0263	0.092	0.0075	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0378	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0644
3	4.14	1.42	0.187	0.0263	0.092	0.0082	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0378	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0710
3	4.14	1.42	0.187	0.0263	0.092	0.0086	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0378	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0753
$\Sigma =$																			0.0521	0.3984

3 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 1

H	$\Delta\sigma$	C_v	t (h)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D (m)	F (n)	t (h)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	s x u	
2.2	4.14	1.42	0.250	0.0735	0.153	0.0113	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.667	0.0717	
0.8	4.14	1.42	0.250	0.5547	0.42	0.0159	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.667	0.0359	
6	4.14	1.42	0.250	0.0099	0.056	0.0089	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.667	0.1265	
3	4.14	1.42	0.250	0.0394	0.112	0.0091	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.667	0.0812	
3	4.14	1.42	0.250	0.0394	0.112	0.0100	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.667	0.0895	
3	4.14	1.42	0.250	0.0394	0.112	0.0105	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.667	0.0949	
						$\Sigma =$															$\Sigma =$
						0.0638															0.4997

$$C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 1.4223 \text{ m}^2/\text{th}$$

$$C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 2.8445 \text{ m}^2/\text{th}$$

4 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 1

H	$\Delta\sigma$	C_v	t(th)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L(m)	S(m)	dW(m)	D(m)	F(n)	t(th)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	$S \times U$	
2.2	4.14	1.42	0.333	0.0980	0.177	0.0130	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.0819	
0.8	4.14	1.42	0.333	0.7398	0.485	0.0184	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.0410	
6	4.14	1.42	0.333	0.0131	0.065	0.0080	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1445	
3	4.14	1.42	0.333	0.0526	0.129	0.0105	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.0927	
3	4.14	1.42	0.333	0.0526	0.129	0.0115	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1023	
3	4.14	1.42	0.333	0.0526	0.129	0.0122	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1084	
						$\Sigma =$															$\Sigma =$
						0.0737															0.5708

5 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 1

H	$\Delta\sigma$	C_v	t(h)	U_v	$S \cdot U_v$	L(m)	S(m)	dW(m)	D(m)	F(n)	t(h)	U_v	U_v	1- U_v	U_r	U_r	1- U_r	U	$S \times U$	
2.2	4.14	1.42	0.417	0.1224	0.197	0.0145	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.0890
0.8	4.14	1.42	0.417	0.9245	0.543	0.0206	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.0445
6	4.14	1.42	0.417	0.0164	0.072	0.0089	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1568
3	4.14	1.42	0.417	0.0857	0.145	0.0118	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1006
3	4.14	1.42	0.417	0.0857	0.145	0.0129	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1110
3	4.14	1.42	0.417	0.0857	0.145	0.0136	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1176
$\Sigma = 0.0824$																	$\Sigma = 0.6196$			

$$C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 1.4223 \text{ m}^2/\text{th}$$

$$C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 2.8445 \text{ m}^2/\text{th}$$

6 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 1

H	$\Delta\sigma$	C_v	t(h)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L(m)	S(m)	dW(m)	D(m)	F(n)	t(h)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	$S \times U$
2.2	4.14	1.42	0.500	0.1489	0.218	0.0159	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.0938
0.8	4.14	1.42	0.500	1.1094	0.594	0.0226	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.0469
6	4.14	1.42	0.500	0.0197	0.079	0.0098	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1653
3	4.14	1.42	0.500	0.0789	0.159	0.0129	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1061
3	4.14	1.42	0.500	0.0789	0.159	0.0141	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1170
3	4.14	1.42	0.500	0.0789	0.159	0.0149	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1240
$\Sigma =$ 0.0902																	$\Sigma =$ 0.6532			

7 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 2

H	$\Delta\sigma$	C_v	t (th)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D (m)	F (n)	t (th)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	$S \times U$
2.2	7.02	1.42	0.083	0.0245	0.088	0.0078	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0376	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0379
0.8	7.02	1.42	0.083	0.1849	0.243	0.0107	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0376	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0186
6	7.02	1.42	0.083	0.0033	0.032	0.0052	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0376	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0695
3	7.02	1.42	0.083	0.0131	0.065	0.0066	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0376	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0433
3	7.02	1.42	0.083	0.0131	0.065	0.0073	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0376	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0480
3	7.02	1.42	0.083	0.0131	0.065	0.0078	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.083	0.0004	0.0376	0.962	0.107504	0.313	0.687	0.338	0.0510
$\Sigma =$																			0.0456	0.2673

$$C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 1.4223 \text{ m}^2/\text{th}$$

$$C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 2.8445 \text{ m}^2/\text{th}$$

8 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 2

H	$\Delta\sigma$	C_v	t (th)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D (m)	F (n)	t (th)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	$S \times U$
2.2	7.02	1.42	0.187	0.0490	0.125	0.0112	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0376	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0610
0.8	7.02	1.42	0.187	0.3698	0.343	0.0151	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0376	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0300
6	7.02	1.42	0.187	0.0066	0.046	0.0074	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0376	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.1104
3	7.02	1.42	0.187	0.0263	0.092	0.0094	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0376	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0698
3	7.02	1.42	0.187	0.0263	0.092	0.0104	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0376	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0773
3	7.02	1.42	0.187	0.0263	0.092	0.0110	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.1867	0.0007	0.0376	0.962	0.215007	0.527	0.473	0.545	0.0822
$\Sigma =$																			0.0644	0.4307

9 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 2

H	$\Delta\sigma$	Cv	t(th)	Tv	Uv	S _{Uv}	L(m)	S(m)	dW(m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	s _{xu}
2.2	7.02	1.42	0.250	0.0735	0.153	0.0137	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.687	0.0789
0.8	7.02	1.42	0.250	0.5547	0.42	0.0185	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.687	0.0378
6	7.02	1.42	0.250	0.0099	0.056	0.0091	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.687	0.1392
3	7.02	1.42	0.250	0.0394	0.112	0.0115	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.687	0.0880
3	7.02	1.42	0.250	0.0394	0.112	0.0127	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.687	0.0975
3	7.02	1.42	0.250	0.0394	0.112	0.0135	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.2500	0.0011	0.0376	0.962	0.322511	0.675	0.325	0.687	0.1038
$\Sigma =$																				0.5430

$\Sigma = 0.0789$

$$Cv = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 1.4223 \text{ m}^2/\text{th}$$

$$Ch = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 2.8445 \text{ m}^2/\text{th}$$

10 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 2

H	$\Delta\sigma$	Cv	t(th)	Tv	Uv	S _{Uv}	L(m)	S(m)	dW(m)	D(m)	F(n)	t(th)	Tv	Uv	1-Uv	Tr	Ur	1-Ur	U	s _{xu}
2.2	7.02	1.42	0.333	0.0980	0.177	0.0158	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.0878
0.8	7.02	1.42	0.333	0.7396	0.485	0.0214	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.0432
6	7.02	1.42	0.333	0.0131	0.065	0.0105	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1589
3	7.02	1.42	0.333	0.0526	0.129	0.0132	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1005
3	7.02	1.42	0.333	0.0526	0.129	0.0147	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1113
3	7.02	1.42	0.333	0.0526	0.129	0.0156	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.3333	0.0015	0.0376	0.962	0.430015	0.777	0.223	0.785	0.1183
$\Sigma =$																				0.6202

$\Sigma = 0.0911$

- 11 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 2

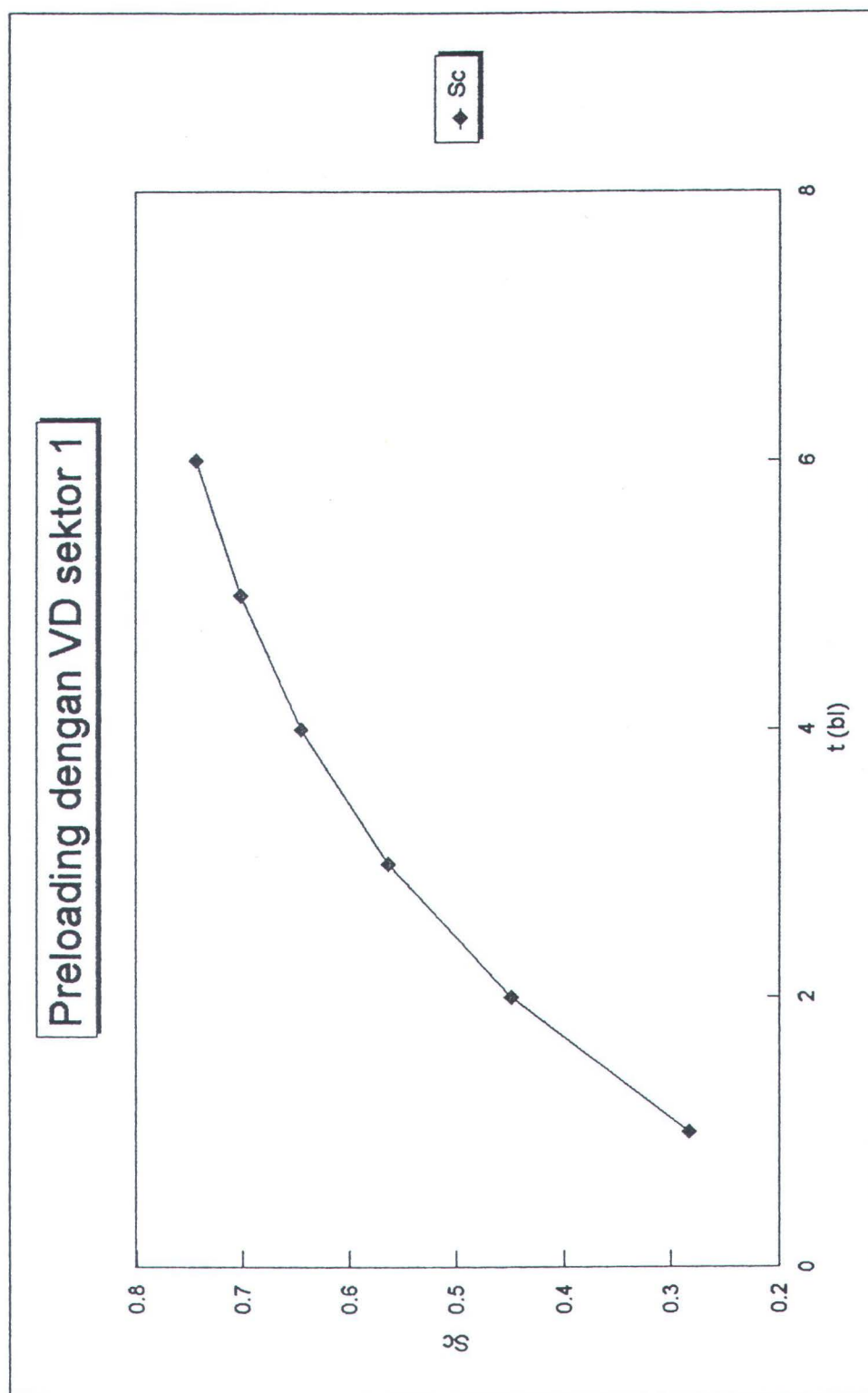
H	$\Delta\sigma$	C_v	t (th)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D (m)	F (n)	t (th)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	$s \times U$
2.2	7.02	1.42	0.417	0.1224	0.197	0.0177	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.0953
0.8	7.02	1.42	0.417	0.9245	0.543	0.0239	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.0469
6	7.02	1.42	0.417	0.0164	0.072	0.0117	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1725
3	7.02	1.42	0.417	0.0657	0.145	0.0148	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1091
3	7.02	1.42	0.417	0.0657	0.145	0.0164	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1209
3	7.02	1.42	0.417	0.0657	0.145	0.0174	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.4167	0.0018	0.0376	0.962	0.537518	0.847	0.153	0.852	0.1284
$\Sigma =$ 0.1019																				$\Sigma =$ 0.6732

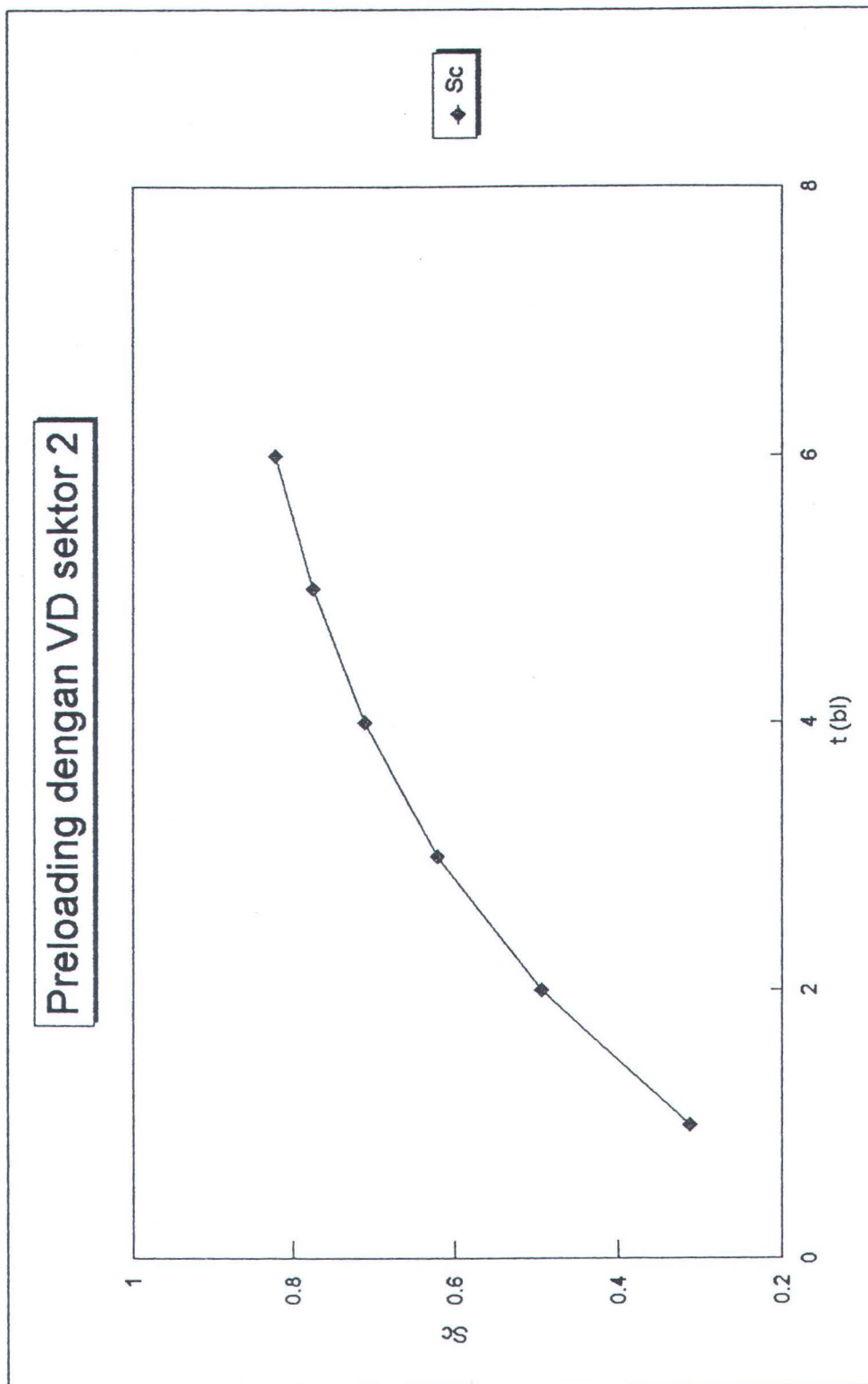
$$C_v = 4.51E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 1.4223 \text{ m}^2/\text{th}$$

$$C_h = 9.02E-04 \text{ cm}^2/\text{det} = 2.8445 \text{ m}^2/\text{th}$$

- 12 Preloading dengan vertikal drain (L=10cm, S=1 m, pola segitiga)
Sektor 2

H	$\Delta\sigma$	C_v	t (th)	T_v	U_v	$S \cdot U_v$	L (m)	S (m)	dW (m)	D (m)	F (n)	t (th)	T_v	U_v	1- U_v	T_r	U_r	1- U_r	U	$s \times U$
2.2	7.02	1.42	0.500	0.1489	0.218	0.0193	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1005
0.8	7.02	1.42	0.500	1.1094	0.594	0.0262	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.0495
6	7.02	1.42	0.500	0.0197	0.079	0.0128	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1819
3	7.02	1.42	0.500	0.0789	0.159	0.0162	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1150
3	7.02	1.42	0.500	0.0789	0.159	0.0180	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1274
3	7.02	1.42	0.500	0.0789	0.159	0.0191	0.1	1	0.05	1.050	2.2945	0.500	0.0022	0.0376	0.962	0.645022	0.894	0.106	0.898	0.1354
$\Sigma =$ 0.1116																				$\Sigma =$ 0.7097





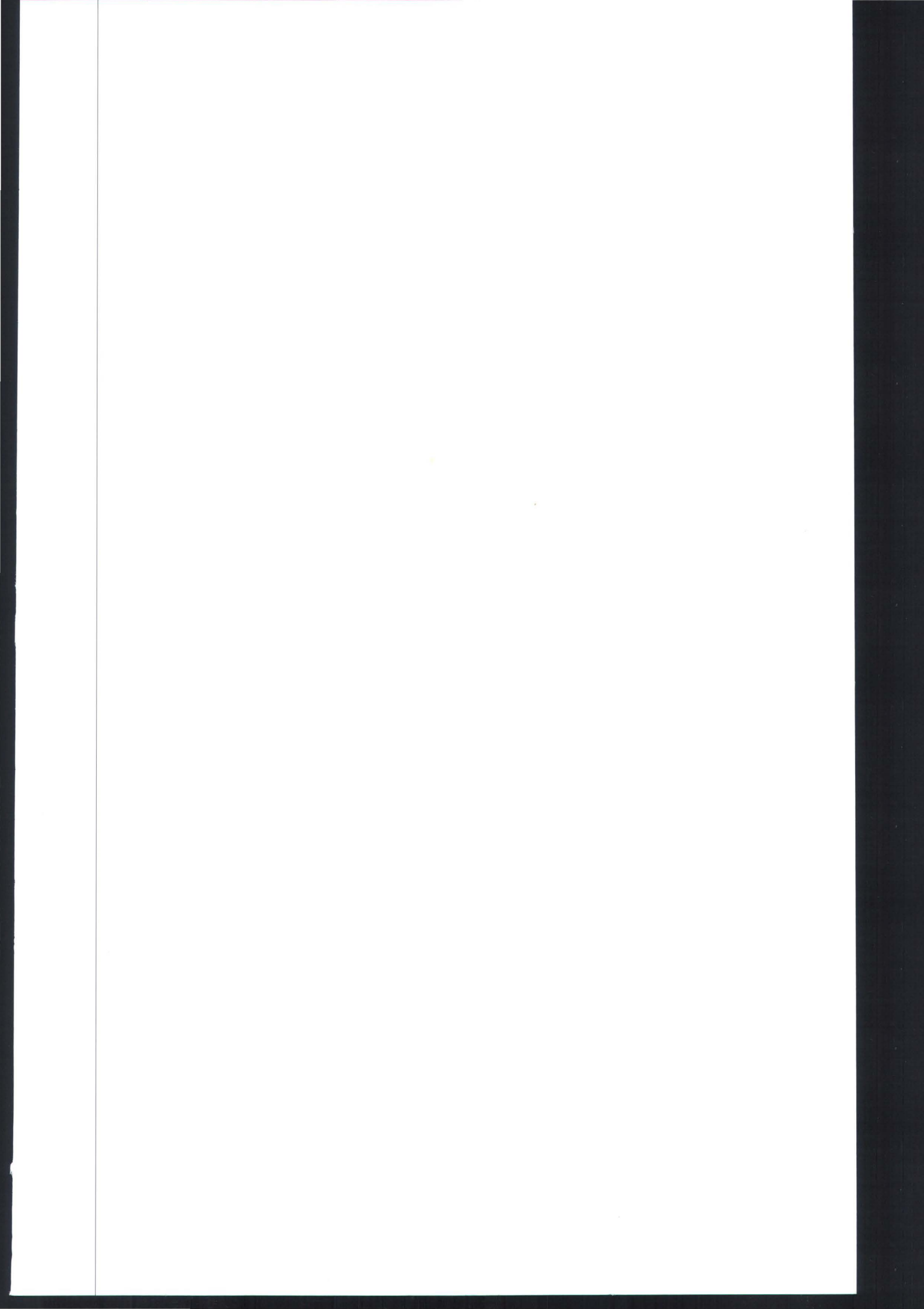
RESUME OF CONSOLIDATION PARAMETER

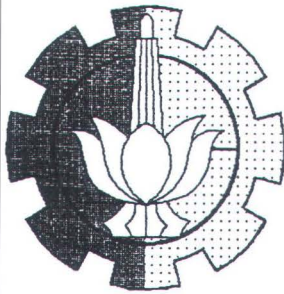
Bor	Depth (m)	Cs	Cc	Cv (10E-4 cm ² /sec)
BH-1	3.0-3.5	0.19	0.99	4.1
	7.0-7.5	0.19	1.05	4.0
	13.0-13.5	0.16	0.80	3.9
BH-2	7.0-7.5	0.17	1.10	5.4
	11.0-11.5	0.16	0.88	3.6
BH-3	4.5-5.0	0.14	0.85	6.0
	14.5-15.0	0.09	0.54	7.0
BH-4	0.5-1.0	0.24	1.25	6.1
	2.5-3.0	0.15	0.87	6.5
	11.0-11.5	0.16	0.89	3.6
BH-5	2.0-2.5	0.15	0.87	3.4
	12.0-12.5	0.13	0.83	4.0
	13.0-13.5	0.12	0.70	4.7
BH-6	3.0-3.5	0.19	1.03	3.2
	7.0-7.5	0.16	0.87	5.0
	15.5-16.0	0.15	0.79	4.4
BH-7	1.5-2.0	0.17	0.83	4.2
	6.0-6.5	0.15	0.80	3.9
	9.0-9.5	0.14	0.92	4.1
BH-8	3.0-3.5	0.17	1.20	3.8
	6.0-6.5	0.12	1.02	7.0
	12.0-12.5	0.14	1.32	3.3
BH-9	2.0-2.5	0.18	1.02	3.5
	9.0-9.5	0.13	1.14	3.6
	12.0-12.5	0.16	0.94	2.6
BH-10	2.0-2.5	0.20	1.33	3.7
	3.0-3.5	0.14	0.85	5.4
	9.0-9.5	0.16	0.94	3.9
	12.0-12.5	0.06	0.56	6.8
BH-11	1.5-2.0	0.23	1.46	4.6
	6.0-6.5	0.16	0.82	4.9
	15.0-15.5	0.06	0.55	5.6
BH-12	3.0-3.5	0.16	0.88	4.5
	9.0-9.5	0.10	0.56	4.0
	12.0-12.5	0.15	0.92	5.6

RESUME OF CONSOLIDATION PARAMETER

Bor	Depth (m)	Cs	Cc	Cv (10E-4 cm ² /sec)
BH-13	6.0-6.5	0.17	1.01	5.2
	12.0-12.5	0.13	0.87	4.6
	15.0-15.5	0.10	0.96	3.8
BH-14	3.0-3.5	0.11	0.82	4.7
	9.0-9.5	0.23	1.36	4.6
	15.0-15.5	0.19	1.20	3.5
BH-15	3.0-3.5	0.14	0.90	4.2
	6.0-6.5	0.16	0.96	4.0
	15.0-15.5	0.17	1.35	4.6
BH-16	3.0-3.5	0.16	0.90	4.3
	6.0-6.5	0.13	0.98	4.0
	9.0-9.5	0.15	0.88	3.5
BH-17	3.0-3.5	0.18	1.34	5.0
	9.0-9.5	0.14	0.87	3.6
	12.0-12.5	0.13	0.72	4.0
BH-18	3.0-3.5	0.12	0.83	3.7
	6.0-6.5	0.12	0.99	3.8
	18.0-18.5	0.11	0.96	4.1
BH-19	3.0-3.5	0.11	0.69	4.7
	9.0-9.5	0.15	1.10	4.1
	12.0-12.5	0.11	0.62	3.0
BH-20	3.0-3.5	0.14	0.87	3.6
	6.0-6.5	0.12	1.03	4.2
	9.0-9.5	0.15	0.92	3.8
BH-21	3.0-3.5	0.10	0.66	4.7
	6.0-6.5	0.16	0.60	2.6
	9.0-9.5	0.12	1.01	4.6
BH-22	3.0-3.5	0.11	0.85	4.1
	6.0-6.5	0.17	1.05	3.4
	12.0-12.5	0.13	0.78	3.2
BH-23	3.0-3.5	0.14	1.10	4.6
	6.0-6.5	0.13	1.12	5.0
	12.0-12.5	0.14	0.91	3.7

Borehole	Depth (m)	Description	C (kg/cm ²)	e (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W _o (%)	L _i (%)	γ _t (t/m ³)	G _s	ρ _o	ρ _r (%)	γ _{dry} (t/m ³)	C _s	C _u	K _v (cm/sec)	K _h (cm/sec)	Classification (USCS)
BH-1	3.0-3.5	Clay, some silt, little sand.	0.20	16.6	110	42	68	99	0.64	1.45	2.60	2.57	100	0.73	0.19	0.99	-	-	CH
	7.0-7.5	Clay, some silt, little sand.	0.02	0	102	40	62	98	0.94	1.45	2.61	2.56	100	0.73	0.19	1.05	-	-	CH
	13.0-13.5	Clay, some silt, trace sand.	0.16	0	100	37	63	85	0.76	1.51	2.64	2.23	100	0.82	0.16	0.80	6.7E-07	1.3E-06	CH
	19.5-20.0	Sand, some silt, trace clay.	-	-	-	-	-	98	-	1.81	2.68	1.03	98	1.31	-	-	-	-	SM
BH-2	1.0-1.5	Clay, some silt, little sand, trace gravel.	0.13	21.9	120	44	76	110	0.95	1.39	2.67	3.15	98	0.64	-	-	-	-	CH
	7.0-7.5	Clay, some silt, trace sand, trace gravel.	0.10	0	97	33	64	85	0.81	1.50	2.64	2.26	99	0.81	0.17	1.10	6E-07	1.2E-06	CH
	11.0-11.5	Clay, some silt, little sand, trace gravel.	0.15	0	96	31	65	81	0.77	1.51	2.59	2.10	100	0.83	0.16	0.88	-	-	CH
	13.5-14.0	Sand, trace silt, trace gravel.	-	-	-	-	-	37	-	1.84	2.71	1.02	99	1.34	-	-	-	-	SM-SP
	21.5-22.0	Sand, some silt, trace gravel, trace clay.	-	-	-	-	-	35	-	1.85	2.71	0.98	97	1.37	-	-	-	-	SM
BH-3	4.5-5.0	Clay, some silt, trace sand	0.07	0	90	37	53	81	0.83	1.53	2.66	2.15	100	0.85	0.14	0.85	7.4E-07	1.1E-06	CH
	9.0-9.5	Clay, some silt, trace sand	0.10	0	80	35	45	79	0.98	1.53	2.66	2.11	99	0.85	-	-	-	-	CH
	14.5-15.0	Clay, some silt, trace sand	0.60	0	86	35	51	51	0.91	1.70	2.66	1.36	100	1.13	0.09	0.54	7.8E-07	2.6E-06	CH
	17.5-18.0	Sand, some silt, trace clay, trace gravel.	-	-	-	-	-	36	-	1.82	2.68	1.00	96	1.34	-	-	-	-	SM
	23.5-24.0	Sand, little silt, trace gravel.	-	-	-	-	-	21	-	2.06	2.68	0.57	96	1.70	-	-	-	-	SM-SP
BH-4	0.5-1.0	Clay, some silt, some sand.	0.12	15.5	113	39	74	109	0.95	1.29	2.68	3.34	87	0.62	0.24	1.25	-	-	CH
	2.5-3.0	Clay, some silt, some sand.	0.04	0	115	40	75	109	0.92	1.42	2.67	2.93	99	0.68	0.15	0.87	4.6E-06	9E-06	CH
	11.0-11.5	Clay, some silt, some sand.	0.12	10.7	110	38	72	107	0.96	1.42	2.66	2.88	99	0.69	0.16	0.89	-	-	CH
	15.5-16.0	Clay, some silt, little sand.	-	-	82	29	53	66	0.70	1.60	2.64	1.74	100	0.96	-	-	-	-	CH
	23.5-24.0	Sand, little silt.	-	-	-	-	-	30	-	1.90	2.69	0.84	96	1.46	-	-	-	-	SM
BH-5	2.0-2.5	Clay, some silt, trace sand.	0.14	18.0	110	40	70	95	0.78	1.40	2.69	2.75	93	0.72	0.15	0.87	-	-	CH
	3.0-3.5	Clay, some silt, trace sand.	-	-	101	32	69	92	0.87	1.41	2.67	2.64	93	0.73	-	-	-	-	CH
	6.0-6.5	Clay, some silt, trace sand.	-	-	121	40	81	85	0.58	1.50	2.65	2.27	99	0.81	-	-	-	-	CH
	9.0-9.5	Clay, some silt, trace sand.	-	-	114	35	79	87	0.66	1.49	2.60	2.26	100	0.80	-	-	6.1E-07	1.4E-06	CH
	12.0-12.5	Clay, some silt, some sand.	-	-	120	37	83	80	0.52	1.52	2.59	2.07	100	0.84	0.13	0.83	-	-	CH
	13.0-13.5	Sand, little silt, trace gravel.	-	-	-	-	-	26	-	1.96	2.65	0.70	98	1.56	-	-	-	-	SM-SP
	15.0-15.5	Clay, some silt, trace sand.	0.02	19.9	115	44	71	52	0.11	1.61	2.65	1.50	92	1.06	0.12	0.70	-	-	CH
	17.5-18.0	Silt and sand, trace clay, trace gravel.	-	-	67	37	30	41	0.13	1.68	2.61	1.19	80	1.19	-	-	-	-	MH
	23.5-24.0	Silt, some sand, trace clay, trace gravel.	-	-	35	25	10	30	0.50	1.75	2.68	0.99	81	1.35	-	-	-	-	ML
BH-6	3.0-3.5	Clay, some silt.	-	-	123	40	83	115	0.90	1.40	2.64	3.05	99	0.65	0.19	1.03	6.5E-07	1.7E-06	CH
	7.0-7.5	Clay, some silt, little sand.	0.40	8.6	115	38	77	101	0.82	1.41	2.65	2.78	96	0.70	0.16	0.87	-	-	CH
	10.0-10.5	Clay, some silt, some sand.	-	-	108	29	79	93	0.81	1.41	2.62	2.59	94	0.73	-	-	-	-	CH
	14.0-14.5	Clay, some silt, trace sand.	-	-	101	36	65	68	0.95	1.45	2.61	2.56	100	0.73	-	-	-	-	CH
	16.5-18.0	Clay, some silt, trace sand.	0.15	13.8	102	34	68	77	0.63	1.40	2.68	2.30	86	0.79	0.15	0.79	-	-	CH
	18.5-19.0	Clay, some silt, trace sand.	-	-	125	39	86	84	0.52	1.44	2.64	2.37	93	0.78	-	-	-	-	CH
	21.5-22.0	Clay, some silt, some sand.	-	-	69	25	44	46	0.48	1.74	2.64	1.22	100	1.19	-	-	-	-	CH
	22.5-23.0	Clay, some silt, some sand, trace gravel.	-	-	70	20	41	40	0.27	1.78	2.67	1.10	97	1.27	-	-	-	-	CH





DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5947254 psw. 144 Telex 34224 Fax. 5947254

FORMULIR PENGAJUAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS,

Nama : Slamet Widodo
NRP : 4393 100 003
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : DKA Tegal 106 Surabaya
Judul Tugas Akhir : Estimasi Settlement Reklamasi Pasca Perbaikan Dengan Preloading dan Vertikal Drain.

Dengan ini mengajukan untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir Wisuda Periode bulan April 1998, dan bersedia memenuhi segala persyaratan yang ditetapkan oleh Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS.

Demikian pengajuan ini saya sampaikan dan atas segala bantuannya saya ucapkan terimakasih.

Mengetahui

Surabaya, 2 Maret 1998

Dosen Pembimbing ,

Hormat kami,



DR. IR. W.A. Pratikto M.Sc
NIP. 130 816 210

Slamet Widodo
NRP. 4393 100 003



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251 - 5 Psw. 1104 - 1107 Fax 5936852

LEMBAR PRESENTASI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Slamet Widodo
NOMOR POKOK : 4393 100 003
DOSEN PEMBIMBING : Ir. Widi A Pratikto Msc, Ph.D
NIP : 130 816 210
TUGAS DIMULAI : 3 September 1997
DISELESAIKAN : 2 Maret 1998
JUDUL TUGAS AKHIR : Estimasi Settlement Reklamasi
Pasca Perbaikan Dengan Preloading
dan Vertikal Drain

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMB.
1	4 Sept 1997	Bab I Pendahuluan Revisi ruang lingkup pembahasan dan batasan masalah	Wz
2	5 Oktober 1997	Bab II Tinjauan Dasar Teori	Wz
3	16 Pebruari 1998	Bab III Kondisi Lapangan dan Data Tanah	Wz
4	24 Pebruari 1998	Bab IV Analisa Data dari Pembahasan	Wz
5	28 Pebruari 1998	Bab V Kesimpulan Lampiran	Wz
6	2 Maret 1998	Selesai	Wz
7			
8			
9			



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5947254, 597274 psw. 144 Telex 34224 Fax 5947254

FORMULIR EVALUASI KEMAJUAN TUGAS AKHIR

Kami, dosen pembimbing Tugas Akhir dari mahasiswa :

Nama : Slamet Widodo
NRP : 4393.100.003
Judul TA : Estimasi Settlement Reklamasi Pasca
Perbaikan dengan Preloading dan
Vertikal Drain

Setelah mempertimbangkan butir-butir berikut :

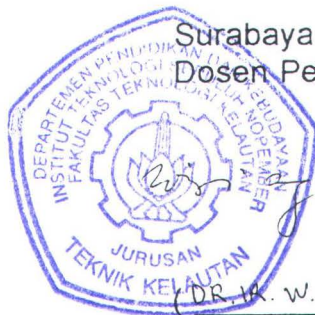
- Keaktifan mahasiswa dalam mengadakan asistensi.
- Proporsi Materi TA yang telah diselesaikan sampai saat ini.
- Prospek penyelesaian TA dalam jangka waktu yang relevan.
- Masa Studi yang tersisa.

Dengan ini kami mengusulkan agar TA mahasiswa tersebut diputuskan untuk :

- ☐ Dibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru
- ☐ Diperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan
- ☒ Diperkenankan mengikuti Ujian Tugas Akhir dengan Judul :

S.d. a.

Selanjutnya mahasiswa diatas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhirnya dan dapat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk Wisuda April 19.98



Surabaya, 3. 3. 1998

Dosen Pembimbing ;

(DR. IR. W. A. Pratikto M.Sc.)

NIP : 130 816 210